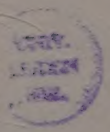
Hämatologisch-metabolische Blutuntersuchungen an Absatzferkeln bei abrupter Futterumstellung und extremen Fütterungsbedingungen

Walter Birkert

Diss München
1984



Aus der Medizinischen Tierklinik
(Lehrstuhl für Innere Krankheiten der Klauentiere)
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
(Vorstand: Prof. Dr. Dr.h.c. G. Dirksen)
Arbeit angefertigt unter Leitung von: Prof. Dr. W. Bollwahn

HÄMATOLOGISCH-METABOLISCHE BLUTUNTERSUCHUNGEN AN ABSATZFERKELN BEI ABRUPTER FUTTERUMSTELLUNG UND EXTREMEN FÜTTERUNGSBEDINGUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Walter Birkert
aus
Möttingen

München 1984

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. W. Bollwahn

Korreferent: Prof. Dr. J. Meyer

Tag der Promotion: 24. Februar 1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meiner Frau
und meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. SCHRIFTTUM	2
2.1. Einfluß der Blutentnahmetechnik auf Blutmeßwerte	2
2.2.1. Hämatokrit	3
2.2.1.1. Allgemeine Bemerkungen	3
2.2.1.2. Hämatokritwerte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen	3
2.2.1.3. Hämatokritwertänderungen bei Fütterungs- und Klimaeinflüssen	5
2.2.1.4. Hämatokrit bei Durchfallerkrankungen	6
2.2.2. Hämoglobin	7
2.2.2.1. Allgemeine Bemerkungen	7
2.2.2.2. Hämoglobingehalt bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 -10 Wochen	7
2.2.2.3. Einfluß von Fütterung und Klima auf den Hämoglobingehalt	9
2.2.2.4. Hämoglobinwerte bei Durchfallerkrankungen	10
2.2.3. Erythrozyten	11
2.2.3.1. Allgemeine Bemerkungen	11
2.2.3.2. Erythrozytenzahl bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen	11
2.2.3.3. Veränderungen der Erythrozytenzahl bei Fütterungs- und Klimaeinflüssen	13
2.2.3.4. Erythrozytenzahl bei Durchfallerkrankungen	13
2.2.4. MCHC und MCV	14
2.2.4.1. Allgemeine Bemerkungen	14
2.2.4.2. MCHC- und MCV-Werte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen	14
2.2.4.3. MCHC und MCV bei Durchfallerkrankungen	16
2.2.5. Leukozyten	17
2.2.5.1. Allgemeine Bemerkungen	17
2.2.5.2. Leukozytenzahl bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen	17
2.2.5.3. Verhalten der Leukozytenzahl bei Fütterungs- und Klimaeinflüssen	19
2.2.5.4. Die Leukozytenzahl bei Durchfallerkrankungen	19
2.2.6. L-Lactat	20
2.2.6.1. Allgemeine Bemerkungen	20
2.2.6.2. L-Lactat beim Schwein	20
2.2.6.3. L-Lactat bei Durchfallerkrankungen	21
2.2.7. Harnstoff	22
2.2.7.1. Allgemeine Bemerkungen	22
2.2.7.2. Harnstoffwerte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen	22
2.2.7.3. Harnstoff bei Durchfallerkrankungen	22
2.2.8. Osmolalität	24
2.2.8.1. Allgemeine Bemerkungen	24
2.2.8.2. Serumosmolalität bei gesunden Schweinen	25
2.2.8.3. Einfluß von Fütterung und Klima auf die Osmolalität	25
2.2.8.4. Änderungen der Serumosmolalität bei Durchfallerkrankungen	26
2.2.9. Chlorid	27
2.2.9.1. Allgemeine Bemerkungen	27

Seite

2.2.9.2. Chloridgehalt des Serums bzw. Plasmas bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen 27
2.2.9.3. Einfluß von Fütterung und Klima auf den Chloridgehalt beim Schwein 29
2.2.9.4. Veränderungen des Chloridgehaltes bei Durchfallerkrankungen 30
2.2.10. Natrium 31
2.2.10.1. Allgemeine Bemerkungen 31
2.2.10.2. Der Natriumgehalt des Serums bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen 31
2.2.10.3. Der Einfluß der Fütterung auf den Natriumgehalt 33
2.2.10.4. Veränderungen des Serumnatriumgehaltes bei Durchfallerkrankungen 33
2.2.11. Kalium 35
2.2.11.1. Allgemeine Bemerkungen 35
2.2.11.2. Der Kaliumgehalt des Serums bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen 35
2.2.11.3. Der Einfluß von Fütterung und Umgebungstemperatur auf den Serumkaliumgehalt 37
2.2.11.4. Verhalten des Serumkaliums bei Durchfallerkrankungen 38
2.2.12. Calcium 40
2.2.12.1. Allgemeine Bemerkungen 40
2.2.12.2. Der Serumcalciumspiegel bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen 40
2.2.12.3. Einfluß der Fütterung auf den Calciumspiegel im Blut beim Schwein 42
2.2.12.4. Veränderungen des Serumcalciumspiegels bei Durchfallerkrankungen 42
2.3. Durchfallerkrankungen in der Aufzuchtphase 43
2.3.1. Pathogenese des Durchfalls 43
2.3.1.1. Infektiöser Durchfall 43
2.3.1.2. Fütterungsbedingter Durchfall 44

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN 47
3.1. Material und Methoden 47
3.1.1. Versuchstiere und Versuchstierhaltung 47
3.1.2. Versuchsplan (Versuchsübersicht) 49
3.1.3. Blutentnahme 50
3.1.4. Hämatologische und metabolische Blutuntersuchung 52
3.2. Ergebnisse 57
3.2.1. Blutwerte der gesunden Absatzferkel in der Vorperiode 57
3.2.2. Ergebnisse der einzelnen Versuche 58
3.2.3. Vergleich der Blutwerte zwischen den Versuchen 86
3.3. Besprechung der Ergebnisse 91
3.3.1. Provokation von "fütterungsbedingtem Durchfall" 91
3.3.2. Besprechung der Ergebnisse der Blutuntersuchungen 92

4. ZUSAMMENFASSUNG 102

Summary 103

5. LITERATURVERZEICHNIS 105

1. EINLEITUNG

Durchfallerkrankungen in der Aufzuchtphase des Ferkels haben wegen der damit verbundenen Verluste große wirtschaftliche Bedeutung. Als Aufzuchtphase wird die Zeit vom Absetzen mit etwa fünf Wochen bis zur Eingliederung in den Maststall im Alter von etwa zehn Wochen angesehen. Besonders gefährdet sind die Ferkel in der Zeit nach dem Absetzen von der Sau und die Mastläufer im Zusammenhang mit der Futterumstellung und dem Umgebungswechsel bei der Einstellung in den Maststall.
Die abrupte Umstellung der Fütterung wird häufig als wichtiger prädisponierender Faktor für das Auftreten der sogenannten "fütterungsbedingten" Durchfälle angesehen. Solche Fütterungsfehler werden in der Praxis oft bei der Umstellung von Festfutter auf Flüssigfutter beobachtet, vor allem, wenn Nebenprodukte der milchverarbeitenden Industrie, wie Molke oder Magermilch, zur Flüssigfütterung verwendet werden.
Mit der vorliegenden Arbeit sollte versucht werden, durch Umstellung von Festfutter auf Flüssigfutter, bei gleichzeitiger Änderung von Futter- und Umgebungstemperatur und der Verfütterung "verdorbener" Milchprodukte, sog. "nutritiv bedingten Durchfall" zu erzeugen. Die Auswirkungen dieser abrupten Futterumstellung und extremen Fütterungsbedingungen sollten auf die für das Durchfallgeschehen relevanten Blutmeßwerte anhand von Verlaufsuntersuchungen untersucht werden.

2. SCHRIFTTUM

2.1. Einfluß der Blutentnahmetechnik auf Blutmeßwerte

Der Einfluß der Blutentnahmetechnik wurde bei einer Reihe von Blutuntersuchungen an Schweinen untersucht.
CARSTENSEN (1962) stellte fest, daß bei der Blutentnahme aus der gestauten Ohrrandvene die Erythrozytenzahl und der Hämoglobingehalt mit 99,9%iger bzw. 95%iger Wahrscheinlichkeit höher liegen als bei der Punktion der Vena cava cranialis.
Die Blutentnahme stellt vor allem durch die Fixation der Schweine eine erhebliche psychische und physische Belastung dar, die infolge Adrenalinausschüttung und Milzentspeicherung zu deutlichen Veränderungen zahlreicher Blutmeßwerte führt. Während der Fixation kommt es innerhalb von 1 - 2 Minuten zum Ansteigen der Blutzellenkonzentration auf 130 % und der Protein- und Enzymkonzentration auf 110 % des Ruhewertes. Vor allem ist ein sprunghafter Anstieg des Plasmalactatspiegels auf das zehnfache des Ruhewertes zu beobachten. Als Ruhewerte sind Werte gemeint, die durch streßfreie Blutentnahme aus Verweilkathetern gewonnen wurden (BICKHARDT und WIRTZ 1978).
BRENNER und GÜRTLER (1981) untersuchten an 11 Pietrainschweinen die Auswirkungen eines 5 Minuten andauernden Anbindestreß mittels Oberkieferschlinge auf das Verhalten verschiedener Blut- und Plasmabestandteile. Das Blut wurde über intravenöse Dauerkatheter entnommen. Die psychomotorische Belastung führte zu einem Anstieg des Plasmalactatgehaltes im Durchschnitt um 53 mg/100ml (5,88 mmol/l). Die Hämoglobinkonzentration stieg im Mittel um 2,3g/100ml und der Hämatokritwert erhöhte sich um 9,7 %. Innerhalb von 60 Minuten nach der Fixation erreichten die Werte wieder das Ausgangsniveau. Der Blutentnahmestreß ist daher eine bedeutende Ursache für die physiologischen Variationen der Blutmeßwerte beim Schwein. Bei Verlaufsuntersuchungen empfiehlt es sich daher, die Blutentnahme möglichst streßfrei mittels implantierter Dauerkatheter vorzunehmen.

2.2.1. H Ä M A T O K R I T

2.2.1.1. Allgemeine Bemerkungen

Der Hämatokrit kennzeichnet den prozentualen Volumenanteil geformter Blutbestandteile im Plasma. Der Hämatokritwert schwankt mit dem Alter der Tiere. Weiterhin beeinflussen die Technik der Blutentnahme und die Bestimmungsmethode, besonders Dauer und Geschwindigkeit des Zentrifugierens, die Höhe des Hämatokritwertes. Aus diesem Grund sollten bei Angaben von "Normalwerten" immer die Blutentnahmetechnik und die Bestimmungsmethode genannt werden.

2.2.1.2. Hämatokritwerte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen.

Bei Verlaufsuntersuchungen an 12 Ferkeln stellten WEIDE und TWIEHAUS (1959) durchschnittliche Hämatokritwerte von 27,1 % am 34.Tag und 29,8 % am 78.Tag fest. In Tabelle 1 sind die Werte verschiedener Autoren unter Angabe der Methode (soweit bekannt) und der Blutentnahmetechnik zusammengestellt. MILLER et al. (1961) geben bei Ferkeln verschiedener Rassen Hämatokritwerte von 30,4 % ± 0,80 am 49.Tag p.p. an. CARSTENSEN (1962) fand bei 8 gesunden Kontrolltieren der Deutschen Landrasse einen durchschnittlichen 5-Wochenwert von 28,30 % ± 3,72 und einen 9-Wochenwert von 31,13 % ± 2,56. Höhere Hämatokritwerte gibt ROTTMANN (1969) bei Absatzferkeln im Gewichtsabschnitt 15 - 30 kg an. Er stellte tageszeitliche Schwankungen von 38,5 % - 40,6 % fest. GLAWISCHNIG (1977) gibt bei 10 Wochen alten Absatzferkeln der Rasse Deutsches Edelschwein 37,3 % ± 3,06 als Arbeitswert für die Laboratoriumsdiagnostik an. SCHORK (1982) fand im Gewichtsabschnitt 13,4 - 34,4 kg Hämatokritwerte von 32,04 % ± 1,90 bei Blutentnahme aus Venenkathetern.

Die niedrigsten 5-Wochenwerte ermittelten WEIDE und TWIEHAUS (1959) mit 27,1 %; den höchsten 10-Wochenwert stellte GLAWISCHNIG (1977) mit 37,3 % ± 3,06 fest.

Tabelle 1: Hämatokritwerte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 bis 10 Wochen

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Hkt % $\bar{x} \pm s$	Methode	Bemerkungen
WEIDE (1959)	12	34 Tage	27,1	nach Coffin	Punktion d. Vena cava cran
	12	42 "	26,7		
	12	50 "	27,8		
	12	58 "	29,0		
	12	66 "	32,9		
	12	78 "	29,8		
	12	86 "	32,0		
	12	10-54 Tg.	25,5 ± 2,66		
MILLER (1961)	22-44	49 Tage	30,4 ± 0,80	-	Punktion. Duroc, Hampshire, Yorkshire, u. Kreuzungen, mit 35-42d abgesetzt.
CARSTENSEN (1962)	8	5 Wo	28,3 ± 3,72	nach Bunce 1h bei 3000 Upm.	Punktion der Vena cava cran.
		6 "	29,5 ± 2,74		Deutsche Landrasse, mit 49 Tagen
		7 "	31,3 ± 2,05		abgesetzt.
		8 "	33,1 ± 2,05		
		9 "	31,1 ± 2,56		
		11 "	33,1 ± 2,74		
TALBOT (1963)	31	42 Tage	30,7 ± 7,30	-	Kreuzungsferkel Punktion
	31	56 "	33,6 ± 4,70		
WACHTEL (1963)	?	8-10 Wo	35,0-38,0	-	Hausschwein Punktion
SCHALM (1965)	9	36 Tage	39,7	-	Duroc-Jersey-Ferkel
ROTTMANN (1965)	8	15-30kg	38,5- 40,6	nach van Allen; 30' bei 3000 Upm	Tagesschwankungen, Dt veredeltes Landschwein; Ohrrandvene
OSBORNE (1969)	6	6 Wo	33,5	-	1 Tag nach Absetzen
	7	9-13 Wo	28,0		Yorkshire, Jugularvenenpunktion
MANOIU (1971)	27	8 Wo	30,13	-	-
TUMBLESON (1972)	40	56 Tage	30,0(25,8-36)	Microhämatokrit-Methode	Kreuzung Hampshire x Duroc Punktion
THRAN (1973)	26-27	41-45 Tg.	35,5 ± 2,60	YSI MODEL 30 ELECTRONIC HEMATOKRIT	Eiseninjektion mit 7 Tagen SPF - Ferkel
KIRCHER (1976)	17	8 Wo	33,0 ± 1,6	Micromethode n. Mc Govern	Deutsche Landrasse; Punktion
GLAWISCHNIG (1977)	50	10 Wo	37,3 ± 3,06	Microzentrifugation, 3min bei 10000 Upm	Deutsches Edelschwein; Punktion
NEUNDORP-SEIDEL (1977)	?	5 Wo	33,1 ± 1,2	-	-
KÖFER (1981)	25	42 Tage	37,0 ± 0,30	Microhämatokrit	Landrasse Punktion
SCHORK (1982)	22	13,4-34,4kg	32,0 ± 1,90	Microhämatokrit 5min bei 11000 Upm	Deutsche Landrasse Venenkatheter

2.2.1.3. Hämatokritwertänderungen bei Fütterungs- und Klimaeinflüssen

Nach SAURBIER (1954) hat die Fütterung keinen Einfluß auf die Blutmeßwerte, solange sie zu keinen klinischen Erscheinungen führt. Bei ihren Untersuchungen beobachteten WIRTZ und BICKHARDT (1977) nach Fütterung und bei Wiederfütterung nach 24 Stunden Nahrungskarenz einen signifikanten Anstieg des Hämatokritwertes. Diese Hämatokritänderungen sind vermutlich Ausdruck einer Flüssigkeitsverschiebung vom extrazellulären Raum in das Darmlumen, die durch Sekretion von Verdauungssäften bedingt ist.
Ebenfalls signifikante Hämatokriterhöhungen ergaben sich bei Schweinen, die 24 Stunden gehungert hatten, wie KORNEGAY (1963) feststellte.
CRABO et al. (1973) fanden bei Schweinen, die mit mittel- und grob-gemahlenem Futter gefüttert wurden, höhere Hämatokritwerte als bei Schweinen, die fein gemahlenes Futter erhielten.

Den Einfluß tiefer Umgebungstemperaturen auf den Hämatokritwert untersuchten STEINHARDT und LYHS (1972). Danach steigt der Hämatokritwert während der Kältebelastung an und bleibt erhöht. Dieser Anstieg ist vermutlich auf eine Milzentspeicherung und eine Plasmavolumenänderung zurückzuführen. Mit größerem Hämatokrit ist eine größere Viskosität des Blutes verbunden. MERRILL et al. (1963) fanden für jedes Grad Celsius Abfall der Temperatur einen Anstieg der Viskosität um 3 %.

Bei Versuchen zur experimentellen Hyperthermie fanden STEINHARDT et al. (1971) einen Abfall des Hämatokrit. Analoge Verhältnisse zeigten sich bei Versuchen mit Küken, die in kalter bzw. warmer Umgebung gehalten wurden (MOYE et al. 1969).

2.2.1.4. Hämatokrit bei Durchfallerkrankungen

Bei Durchfall kommt es zu großen Flüssigkeitsverlusten über den Darm. Als Zeichen einer Hämokonzentration, bedingt durch diesen enteralen Flüssigkeitsverlust, beobachteten mehrere Autoren u. a. FISCHER und BUTTE (1974), KLEE et al. (1979), MANOIU (1981) einen deutlichen Anstieg des Hämatokrits bei schwer durchfallkranken Kälbern.

Andere Untersucher stellten keinen statistisch gesicherten Unterschied zwischen gesunden und an Enteritis erkrankten Kälbern fest (DALTON et al. 1965).

Ähnliche Ergebnisse liegen auch bei Untersuchungen zum Ferkeldurchfall vor: ANDREN und PERSSON (1983) beobachteten bei an Durchfall erkrankten Ferkeln erhöhte Hämatokritwerte.

MANOIU et al. (1971) untersuchten 50 durchfallkranke Schweine, deren Hämatokritwerte nur geringfügig höher waren als die gesunder Vergleichstiere.

JOHANNSEN (1976) löste bei Absatzferkeln durch intragastrale Applikation von E. coli-Enterotoxin Durchfall aus, wobei der Hämatokrit unverändert blieb.

Bei Saugferkeln, die an EVD oder TGE erkrankt waren, wurden als Zeichen der deutlichen Dehydratation erhöhte Hämatokritwerte gefunden (BOLLWAHN et al. 1981).

KÖFER et al. (1981) fanden bei Absatzferkeln, die am 3.Tag nach dem Absetzen (mit 32 Tagen) spontan an Durchfall erkrankt waren, stark erhöhte Hämatokritwerte bis zu 46 %, die, nach oraler Behandlung mit einem gegen E. coli-wirksamen Chemotherapeutikum, nach Sistieren des Durchfalls am 8.Tag nach dem Absetzen, wieder in den Bereich der Werte gesunder Kontrolltiere sanken.

Die Unterschiede liegen sehr wahrscheinlich im Grad und in der Art der Dehydratation. Eine isotone Dehydratation führt zur Erhöhung von Hämatokrit, Hämoglobin und Erythrozytenzahl. Bei hypotoner Dehydratation steigt der Hämatokrit relativ stärker als die Erythrozytenzahl und das Hämoglobin. Bei der hypertonen Dehydratation steigt der Hämatokrit weniger stark an (DITTRICH 1963, HEINRITZI und KNÖRL 1981).

2.2.2. H Ä M O G L O B I N

2.2.2.1. Allgemeine Bemerkungen

Der Erythrozyt besteht zu 95 % in der Trockensubstanz aus Hämoglobin, das zentrale Bedeutung für den Sauerstofftransport im Organismus hat. Der Sauerstofftransport erfolgt durch reversible Bindung an das zweiwertige Eisen des Hämoglobins.
Da das Ferkel mit einem geringen Eisenvorrat geboren wird und der Bedarf an Eisen höher ist, als durch die Muttermilch zugeführt werden kann, kommt es unter Stallhaltungsbedingungen zu einem Fe-Defizit und damit zur Eisenmangelanämie. Abhilfe schafft hier die Eiseninjektion am 3.Tag post partum.

2.2.2.2. Hämoglobingehalt bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Die Ergebnisse früherer Untersuchungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Ein Vergleich dieser Werte ist schwierig, da die Versuchsbedingungen und die Untersuchungsmethoden unterschiedlich sind.
Es fällt auf, daß je nach Untersucher und Herkunft der Tiere doch auffällige Unterschiede bestehen. Durchschnittswerte unter 10 g/100ml fanden MILLER (1961), OSBORNE und MEREDITH (1969), THRAN (1973) und TUMBLESON et al. (1972). Die höchsten Werte in diesem Altersabschnitt gibt ROTTMANN (1969) bei seinen Untersuchungen der Tagesschwankungen mit 11,6 - 13,3 g/100ml an. Werte zwischen 10,29 $\pm$ 1,4 g/100ml (5.Woche) und 12,75 $\pm$ 0,522 g/100ml (11.Woche) gibt CARSTENSEN (1962) an. Bei 8 Wochen alten Absatzferkeln der Deutschen Landrasse fand KIRCHER (1976) einen Hb-Gehalt von 10,5 $\pm$ 0,80 g/100ml.

Tabelle 2: Hämoglobingehalt bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 bis 10 Wochen

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Hämoglobin g/100ml $\bar{x} \pm s$	Methode	Bemerkungen
MILLER (1961)	22-44	49 Tage	9,00 ± 0,20	-	wbl. Duroc, Hampshire, Yorkshire, Berkshire u. Kreuzungen. Punktion. Abgesetzt mit 35-42 Tagen, Eisen am 3.Tag.
CARSTENSEN (1962)	8	5 Wo	10,29 ± 1,381	Hemiglobincyanid-Methode	Landrasse,mit 49 Tagen abgesetzt Punktion
		6 Wo	11,28 ± 0,998		
		7 Wo	12,04 ± 0,454		
		8 Wo	12,04 ± 0,454		
		9 Wo	12,02 ± 0,690		
		11 Wo	12,75 ± 0,522		
TALBOT (1963)	31	42 Tage	10,00 ± 2,60	-	Kreuzungsferkel Punktion
		56 Tage	11,60 ± 2,20		
WACHTEL (1963)	?	8-10 Wo	11,50	-	Hausschwein Punktion
SCHALM (1965)	9	36 Tage	12,1	-	Duroc x Jersey Punktion
ROTTMANN (1969)	8	15-30 kg	11,6 - 13,3	Hemiglobincyanid-Methode bei 540 nm	Tagesschwankungen bei dt. veredelt. Landschwein. Punktion Ohrrandvene.
OSBORNE (1969)	6	6 Wo	11,0	-	Yorkshire Jugularvenenpunktion
	7	9-13 Wo	9,6		
TUMBLESON (1972)	40	56 Tage	9,01 (8,2-10,8)	Cyanmethemoglobin-Methode	Kreuzung Hampshire x Duroc. Punktion Eiseninjektion mit 7 Tagen
THRAN (1973)	26-27	41-45 Tage	9,50 ± 1,00	Cyanhämoglobin-Methode	SPF- Ferkel
KIRCHER (1976)	17	8 Wo	10,5 ± 0,8	Cyanhämoglobin-Methode	Deutsche Landrasse, Punktion
GLAWISCHNIG (1977)	50	10 Wo	11,58 ± 1,13	Cyanhämoglobin-Methode Medico-Photometer	Deutsches Edelschwein, Punktion
KÖFER (1981)	25	42 Tage	11,06 ± 0,61	Cyanhämoglobin-Methode	Landrasse, Punktion
		49 Tage	11,48 ± 0,73		
SCHORK (1982)	23	13,4- 34,4 kg	10,09 ± 0,78	Hämiglobincyanid-Methode Testkombination Hämoglobin (Boehringer Mannheim)	Deutsche Landrasse, Venenkatheter

2.2.2.3. Einfluß von Fütterung und Klima auf den Hb-Gehalt

Nach SAURBIER (1954) führt eine einseitige Fütterung nicht zu charakteristischen Veränderungen des Blutbildes. CRABO et al. (1973) fanden jedoch signifikante Unterschiede für Hämoglobin bei Schweinen, die verschieden fein gemahlenes Futter erhielten. Die Gruppe (n=15) die fein gemahlenes Futter erhalten hatte, wies signifikant niedrigere Hb-Werte auf, als die Gruppen, die mittel bzw. grob gemahlenes Futter bekamen. Eine Erklärung dafür gibt es nicht. Möglicherweise sind Differenzen in der Zusammensetzung des Magensaftes für diese Unterschiede verantwortlich, da nach JACOBS (1970) die Magensekrete eine wichtige Rolle bei der Eisenabsorption spielen sollen.
Keinen Unterschied bei den Hämoglobinwerten beobachtete HAARANEN (1960) zwischen Schweinen, die mit Molke gefüttert wurden (38% Molke und 60 % Getreidemischung) und Schweinen, die Getreide und Magermilch erhielten.

Bei Kältebelastung des Schweines kommt es nach STEINHARDT et al. (1972) zu einer gesteigerten sympathoadrenomedullären Aktivität, die zu einer Entspeicherung der Erythrozyten in der Milz führt, sodaß Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration ansteigen. Der höhere Hb-Gehalt bedingt eine größere Sauerstoff-Transportkapazität des Blutes.

Den Einfluß verschiedener Umgebungsbedingungen auf physiologische Parameter bei in dreistöckigen Batteriesystemen gehaltenen Absatzferkeln untersuchten KOLACZ et al. (1982). Sie fanden bei den in der untersten Ebene gehaltenen Ferkeln niedrigere Hämoglobinwerte als bei Ferkeln in den oberen Käfigen. Die ungünstigeren mikroklimatischen Bedingungen im untersten Käfig sind ihrer Meinung nach die Ursache für die Hypochromie der dort untergebrachten Tiere.

2.2.2.4. Hämoglobinwerte bei Durchfallerkrankungen

Unterschiedliche Ergebnisse für den Hämoglobingehalt beim Durchfall liegen von verschiedenen Untersuchern vor. So stellten ANDREN et al. (1983) bei an Durchfall erkrankten neugeborenen Ferkeln einen ansteigenden Hämoglobingehalt fest. Bei experimentell mit enteropathogenen E. coli Stämmen infizierten und daraufhin Durchfall aufweisenden Ferkeln fanden MOON et al. (1968) einen Hämoglobingehalt von durchschnittlich 9,6 g/100 ml, während gesunde Vergleichstiere einen Hämoglobinwert von 8,7 g/100 ml aufwiesen.
Im Gegensatz dazu konnte JOHANNSEN (1976) bei 12 Absatzferkeln, die nach intragastraler E. coli- Enterotoxin - Applikation an Durchfall erkrankten, keine Veränderungen des Hämoglobingehaltes feststellen.
KÖFER et al. (1981) fanden bei spontan an Durchfall erkrankten Absatzferkeln erhöhte Hämoglobinwerte, die nach Sistieren des Durchfalls wieder auf das Niveau gesunder Vergleichstiere sanken.

2.2.3 E R Y T H R O Z Y T E N

2.2.3.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Erythrozyten sind kernlose Zellen, die mit dem roten Blutfarbstoff, dem Hämoglobin, für den Sauerstoff- und CO_2-Transport verantwortlich sind. Bei Ferkeln besteht ein deutlicher Unterschied in den Erythrozytenzahlen zwischen Ferkeln, die eine Eisen-Injektion erhalten haben, und denen, die ohne Fe-Applikation aufwuchsen (WELS 1967, EICKEN 1969 und BOLLWAHN 1971).

2.2.3.2. Erythrozytenzahl/µl bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Nach GLAWISCHNIG (1977) liegt der Mittelwert bei 50 untersuchten 10 Wochen alten Absatzferkeln bei 5,89 ± 1,15 Mill/µl.

MÜLLER-PRASUHN (1971) hält die mit Hilfe elektronischer Coulter Counter ermittelten Erythrozyten- und Leukozytenzahlen für genauer als die mit Zählkammern gezählten. In Tabelle 3 sind die Erythrozytenzahlen verschiedener Untersucher unter Angabe der Methode dargestellt.
TALBOT und SWENSEN (1963) geben für 42 Tage alte Tiere 7,00 ± 1,30 Mill/µl an. Dagegen ermittelte THRAN (1973) nur 5,40 ± 1,00 Mill/µl für das gleiche Alter. Für 10 Wochen alte Ferkel fanden WEIDE und TWIEHAUS (1959) 6,37 Mill/µl und CARSTENSEN (1962) bei 9 Wochen alten Ferkeln 6,79 ± 0,409 Mill/µl.
Extrem hohe Werte gibt ROTTMANN (1969) mit 7,77 - 8,32 Mill/µl als tageszeitliche Schwankungsbreite an. Die niedrigsten Werte fand TUMBLESON (1972) bei 56 Tage alten Ferkeln mit durchschnittlich 4,60 (3,16 - 5,65) Mill/µl. Bei Vergleichen ist allerdings zu berücksichtigen, daß einige Untersucher eine geringe Anzahl an Tieren zur Verfügung hatten und wohl auch die Rasse, sowie unterschiedliche Haltungs- und Umweltbedingungen für die auffallenden Differenzen verantwortlich sind.

Tabelle 3: Erythrozytenzahl bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Erythrozyten Mill/µl $\bar{x} \pm s$	Methode	Bemerkungen
WEIDE (1959)	12	34 Tage 42 Tage 50 Tage 58 Tage 66 Tage 78 Tage 86 Tage	5,66 5,67 6,32 6,16 6,42 6,37 7,20	nach Coffin	Punktion der Vena cava cran.
MILLER (1961)	21-44	49 Tage	5,13 ± 0,34	-	wbl. Duroc, Hampshire, Yorkshire, Berkshire u. Kreuzungen. Punktion Eiseninj. am 3.Tag, mit 35-42 Tg abgesetzt
CARSTENSEN (1962)	8	5 Wo 6 Wo 7 Wo 8 Wo 9 Wo 11 Wo 5-11 Wo	5,83 ± 0,99 6,00 ± 0,70 6,50 ± 0,50 6,79 ± 0,40 6,79 ± 0,40 7,17 ± 0,33 6,85	Zählkammer	Landrasse, mit 49 Tagen abgesetzt Punktion der Vena cava cran.
TALBOT (1963)	31 31	42 Tage 56 Tage	7,00 ± 1,30 6,90 ± 1,00	-	Kreuzungsferkel Punktion
WACHTEL (1963)	-	8-10 Wo	6,25	-	Hausschwein Punktion
SCHALM (1965)	9	36 Tage	6,20	Coulter Counter	Duroc-Jersey-Ferkel Punktion
ROTTMANN (1969)	8	15-30 kg	7,77 - 8,32	Zählkammer n. Türk	Dt. veredeltes Landschwein, Punktion der Ohrrandvene, Tagesschwankungen.
TUMBLESON (1972)	40	56 Tage	4,60 (3,16-5,65)	Coulter Counter	Hampshire x Duroc Punktion Eiseninjektion mit 7 Tagen
THRAN (1973)	26-27	41-45 Tage	5,40 ± 1,00	Zählkammer nach Neubauer	SPF - Ferkel Punktion
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	5,77 ± 0,48	Coulter Counter	Deutsche Landrasse Punktion
GLAWISCHNIG (1977)	50	10 Wo	5,89 ± 1,15	Coulter Counter	Deutsche Edelschwein Punktion
SCHORK (1982)	22	13,4-34kg	5,99 ± 0,41	Coulter Counter	Deutsche Landrasse Venenkatheter

2.2.3.3. Veränderungen der Erythrozytenzahl bei Fütterungs- und Klimaeinflüssen

Die Futterzusammensetzung hat auf die Blutmeßwerte, abgesehen von extremen Mangelsituationen keinen bedeutenden Einfluß. Eine Mangelernährung setzt die Fähigkeit des Knochenmarks zur Neubildung von Erythrozyten herab und führt zu einer Verminderung der Erythrozytenzahl. Besonders ungünstig wirkt ein Mangel an Nahrungsfaktoren, die für die Blutbildung unmittelbar von Bedeutung sind, so z.B. das Fehlen von Eisen, Kupfer, Kobalt, Mangan, Folsäure, Vit B_{12} und anderen B-Vitaminen (BICKHARDT 1980, KOLB 1974).

CRABO et al. (1973) ermittelten bei ihren Fütterungsversuchen mit unterschiedlich ausgemahlenem Futter bei der Gruppe mit feingemahlenem Futter signifikant niedrigere Erythrozytenzahlen ($0{,}05 > p > 0{,}01$) als bei der Gruppe, die grobes Futter erhielt.

Den Einfluß des Mikroklimas bei mehretagigen Flatdecksystemen untersuchten KOLACZ et al. (1982). Sie fanden bei Schweinen in der untersten Etage Erythrozytenzahlen von 7,12 ± 1,74 Mill/µl, in der mittleren 8,20 ± 1,56 Mill/µl und in der obersten Etage 8,60 ± 1,24 Mill/µl.

2.2.3.4. Erythrozytenzahl bei Durchfallerkrankungen

Infolge des Flüssigkeitsverlustes bei schweren Durchfallerkrankungen kommt es zu einer Abnahme des Blutplasmavolumens. Dadurch steigen der Hämatokrit, der Hämoglobingehalt und die Zahl der Erythrozyten pro µl Blut.

2.2.4. MITTLERE HÄMOGLOBINKONZENTRATION (MCHC) UND MITTLERES ZELLVOLUMEN (MCV) DER ERYTHROZYTEN

2.2.4.1. Allgemeine Bemerkungen

MCHC und MCV sind rechnerische Größen, von denen Aussagen über Erythrozyteneigenschaften hergeleitet werden können. NIEPAGE (1974) weist jedoch darauf hin, daß bei der Ermittlung von MCV und MCHC die Fehler zweier Bestimmungsmethoden (Hämatokrit- und Erythrozytenbestimmung) mit in die Berechnung eingehen und so zu Fehlberechnungen führen können.

Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten hat Bedeutung bei quantitativen Veränderungen des Hämoglobins im Erythrozyten und bei Zellvolumenänderungen mit relativer Zu- oder Abnahme der Hämoglobinkonzentration infolge Störungen der Osmolalität im Plasma.

Das mittlere Zellvolumen des Erythrozyten läßt Aussagen über die Blutosmolalität im Zusammenhang mit hypotoner und hypertoner Dehydratation zu und gibt einen Eindruck von der Größe des Einzelerythrozyten (DITTRICH 1963, HEINRITZI und KNÖRL 1981).

2.2.4.2. MCHC- und MCV-Werte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Die in der Literatur angegebenen Mittelwerte für gesunde Absatzferkel weisen für die mittlere Hämoglobinkonzentration keine großen Differenzen auf. Die Spanne reicht von 29,7 $\pm$ 0,40 g/100 ml bis 34,7 $\pm$ 3,4 g/100 ml. Größer sind die Unterschiede beim MCV, wobei 44,1 $\pm$ 8,3 μm^3 der niedrigste und 66,0 $\pm$ 1,40 μm^3 der höchste Mittelwert ist. Ergebnisse früherer Untersuchungen siehe Tabelle 4:

Tabelle 4: MCHC - und MCV - Werte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5-10 Wochen.

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	MCHC g/100ml	MCV μm^3	Bemerkungen
MILLER (1961)	21-44	7 Wo	29,7 ± 0,40	53,0 ± 3,50	Wbl. Duroc, Hampshire, Yorkshire Berkshire und Kreuzungen. Eiseninj. am 3. Tag.
TALBOT (1963)	31 31	6 Wo 8 Wo	34,7 ± 3,40 34,2 ± 3,60	44,1 ± 8,30 50,1 ± 10,60	Kreuzungsferkel
SCHALM (1965)	9	5 Wo	30,5	64,0	Duroc - Jersey - Ferkel
TUMBLESON (1972)	40	8 Wo	30,0 (27,5 - 32,0)	66,0 ± 1,40	Hampshire x Duroc Eiseninjektion mit 7 Tagen.
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	32,2 ± 1,3	58,1 ± 2,80	Deutsche Landrasse
SCHORK (1982)	22	13,4- 34,4kg	31,3 ± 1,07	53,8 ± 2,32	Deutsche Landrasse Venenkatheter

2.2.4.3. MCHC und MCV bei Durchfallerkrankungen

Im Verlauf einer schweren Durchfallerkrankung gehen dem Körper erhebliche Mengen an Wasser und Elektrolyten verloren. Bei Durchfall mit überwiegendem Wasserverlust steigen die Serumelektrolytkonzentration und die Osmolalität an. Das Serum wird also hyperton, besonders wenn die Wasseraufnahme eingeschränkt ist. Dadurch verliert der Erythrozyt Flüssigkeit und sein Volumen wird kleiner. Als Folge seines geringeren Volumens steigt die mittlere Hämoglobinkonzentration relativ an.

Umgekehrt fallen die Serumelektrolytkonzentration und die Osmolalität, wenn durch die Diarrhoe überwiegend Elektrolyte verloren gehen. Dadurch wird das Serum hypoton. Es strömt dem osmotischen Gradienten folgend Wasser in den Erythrozyten und erhöht damit sein mittleres Volumen. Eine Vergrößerung des Volumens bewirkt ein relatives Absinken der mittleren Hämoglobinkonzentration (DITTRICH 1963, SCHORK 1982, MICHELL 1974). BOLLWAHN et al. (1981) stellten bei an EVD und TGE erkrankten Schweinen eine Abnahme des MCHC und eine Zunahme des MCV fest, was auf eine Plasmahypotonie hinwies.

2.2.5. L E U K O Z Y T E N

2.2.5.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Leukozyten sind im Gegensatz zu den Erythrozyten eine inhomogene Gruppe von kernhaltigen Zellen verschiedener Formen. Typische Merkmale, wie unterschiedliche Größe, Form des Zellkerns, Einschlüsse im Zytoplasma und unterschiedliches Färbeverhalten lassen drei genetisch und funktionell voneinander verschiedene Arten unterscheiden. Die polymorphkernigen Granulozyten, die Lymphozyten und die Monozyten bilden die Gesamtzahl der Leukozyten. Die Anzahl der Leukozyten im Blut schwankt schon aufgrund physiologischer Stoffwechselabläufe beim gesunden Organismus. Die Schwankungen können z.B. durch folgende Ursachen bedingt sein: Fütterungsart, Nahrungsaufnahme, körperliche Belastung, Tageszeit und Alter.

2.2.5.2. Leukozytenzahl bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

In Tabelle 5 sind die von verschiedenen Untersuchern für diesen Altersabschnitt angegebenen "Normalwerte" zusammengestellt. CARSTENSEN (1962) gibt für 5 Wochen alte Landrasseferkel 9239 ± 1669/µl an. TUMBLESON (1972) fand bei 8 Wochen alten Hampshire x Duroc - Ferkeln einen Mittelwert von 19640/µl (13340 - 28260). Für 10 Wochen alte Absatzferkel der Rasse Deutsches Edelschwein ermittelte GLAWISCHNIG (1977) einen Durchschnittswert von 13020 ± 450/µl. Sehr niedrige Leukozytenzahlen von 6100 ± 2420/µl im Alter von 6 Wochen beobachtete THRAN (1973). Es handelte sich bei diesen Tieren allerdings um SPF-Ferkel. Läßt man diese Werte außeracht, so erstreckt sich der physiologische Bereich von etwa 9000/µl bis 22000/µl für 5 - 10 Wochen alte gesunde Absatzferkel.

Tabelle 5: Anzahl der Leukozyten bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen:

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Leukozyten/ul $\bar{x} \pm s$	Methode	Bemerkungen
WIEDE (1959)	12	34 Tage 42 Tage 50 Tage 58 Tage 66 Tage 78 Tage 86 Tage	10880 13000 15300 14640 15670 14960 16080	nach Coffin	Punktion der Vena cava cran.
PIETSCH (1960)	12	6 Wo 7 Wo 8 Wo	12275 - 12480 11430 - 11770 11230 - 11460	Zählkammer	künstlich aufgezogene Ferkel Punktion
CARSTENSEN (1962)	8	5 Wo 6 Wo 7 Wo 8 Wo 9 Wo 11 Wo	9239 ± 1669 10330 ± 1933 12957 ± 1380 19084 ± 2574 19028 ± 3842 15504 ± 2842	Zählkammer	Landrasse, mit 49 Tagen abgesetzt Puntion der Vena cava cran.
CALHOUN (1964)	11	5 Wo	14273	-	-
SCHALM (1965)	9	36 Tage	16300	Coulter Counter	Duroc - Jersey - Ferkel; Punktion
ROTTMANN (1969)	8	15-30kg	15913 - 17313	Zählkammer n. Türk	Dt. veredeltes Landschwein, Punktion der Ohrrandvene, Tagesschwankungen
OSBORNE (1969)	6 7	6 Wo 9-13 Wo	11600 22000	-	Yorkshire; Jugularvenenpunktion 1 Tag nach dem Absetzen.
TUMBLESON (1972)	40	8 Wo	19640 (13340-28260)	Coulter Counter	Hampshire x Duroc, Punktion.
THRAN (1972)	10-28	41-45 Tage	6300 ± 2420	Zählkammer nach Neubauer	SPF - Ferkel Punktion
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	13300 ± 2200	Coulter Counter	Deutsche Landrasse, Punktion
GLAWISCHNIG (1977)	50	10 Wo	13020 ± 450	Coulter Counter	Deutsches Edelschwein, Punktion
SCHORK (1982)	22	13,4-34,4kg	16703 ± 2957	Coulter Counter	Deutsche Landrasse, Venenkatheter.

2.2.5.3. Verhalten der Leukozytenzahl bei Fütterungs- und Klimaeinflüssen

Die Fütterungsart hat nach PIETSCH (1960) keinen Einfluß auf die Leukozytenzahl. Ebenso fand HALAMA (1959) keine signifikanten Unterschiede zwischen normal und nährstoffreich gefütterten Ferkeln. Etwa 2 - 8 Stunden nach der Futteraufnahme konnte WIRTH (1950) eine Erhöhung der Leukozytenzahl feststellen. Sie wird als Verdauungsleukozytose bezeichnet. Durch zeitgleiche, regelmäßige Fütterung der Schweine kann eine Gewohnheitsleukozytose im Sinne eines bedingten Reflexes hervorgerufen werden (REICHEL 1963). Keinen Einfluß von Fütterung bzw. Nahrungskarenz auf das weiße Blutbild konnten WIRTZ und BICKHARDT (1977) nachweisen, die bei ihren Versuchen zum Lactatstoffwechsel die Tiere 24 Stunden hungern ließen.
Über Einflüsse von Klima bzw. Umgebungstemperatur auf die Leukozytenzahlen liegen keine Untersuchungen vor.

2.2.5.4. Die Leukozytenzahl bei Durchfallerkrankungen

SCHORK (1982) fand bei durchfallkranken Schweinen Leukozytenzahlen, die sich im Bereich gesunder Vergleichstiere bewegten. MOON et al. (1968) ermittelten sogar leicht erniedrigte Leukozytenzahlen bei durchfallkranken Ferkeln. Treten deutlich erhöhte Leukozytenzahlen beim Durchfall auf, so sind möglicherweise Entzündungszustände im Darm (Enteritis) die Ursache für einen reaktiven Leukozytenanstieg im Blut.

2.2.6. L - L A C T A T

2.2.6.1. Allgemeine Bemerkungen

Das rechtsdrehende L(+)-Lactat wird im Säugetierorganismus in unterschiedlichem Ausmaß von allen Geweben gebildet. Hauptproduzent des L(+)-Lactats ist der quergestreifte Muskel.
Im Energiebereitstellungsstoffwechsel entsteht L-Lactat über den Weg der anaeroben Glykolyse aus Glykogen oder Glukose. Ob das entstandene Pyruvat weiter in den Zitronensäurezyklus eingeschleust oder zu Milchsäure reduziert wird, ist abhängig vom Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid-Redoxsystem ($NAD/NADH_2$), einem Co-Enzym, das den H_2-Transport zur Atmungskette übernimmt.
Unter aeroben Bedingungen kann das bei der anaeroben Glykolyse gebildete Lactat durch die Lactat-Dehydrogenase wieder zu Pyruvat oxydiert werden, wenn die Pyruvat- und $NADH_2$-Konzentration des Gewebes gering ist.
Liegen dagegen anaerobe Bedingungen vor, z. B. durch Sauerstoffdefizit im Gewebe, kann das $NADH_2$ der Atmungskette nicht oxydiert werden. Das durch diese Stoffwechsellage auf die reduzierte Seite verschobene Gleichgewicht zwischen $NADH_2/NAD$ wird dadurch wieder hergestellt, daß das Pyruvat durch LDH zu Lactat reduziert wird.
Das aus den Zellen austretende Lactat wird durch den Kreislauf über den Körper verteilt. Ein Teil wird in der Leber im sogenannten Cori-Zyklus über die Gluconeogenese zu Glukose synthetisiert oder oxydiert.

2.2.6.2. L-Lactat beim Schwein

Untersuchungen zum Milchsäurestoffwechsel des Schweines sind vorwiegend im Zusammenhang mit der Belastungsmyopathie durchgeführt worden (STEINHARDT et al. 1974).
So sind die mit konventionellen Blutentnahmemethoden gewonnenen Lactatblutspiegel wegen der dabei auftretenden starken körperlichen Belastungen als überhöht anzusehen (Ruhewerte von 2 - 10 mmol/l).

Die mit Hilfe von Dauerkathetern gewonnenen Ruhewerte liegen bei 1 mmol/l (BICKHARDT et al. 1972, STEINHARDT et al. 1974). LINDENA (1975) gibt einen Ruhelactatwert von 0,5 - 1,2 mmol/l bei Blutentnahme durch Katheter an.

WIRTZ und BICKHARDT (1977) stellten bei ihren Untersuchungen zum Ruhelactatstoffwechsel als Ausgangswerte bei gesunden 95 kg schweren Schweinen eine durchschnittliche Lactatkonzentration von 0,88 mmol/l ± 0,19 fest. Sie stellten außerdem fest, daß es innerhalb von 5 Stunden nach der Fütterung zu einem signifikanten Anstieg des Plasmalactatspiegels um das Doppelte des Ausgangswertes kommt. Dieser Anstieg wird auf eine massive L-Lactatresorption aus dem Intestinaltrakt zurückgeführt. MAAS (1976) fand bei 54-82 kg schweren muskelgesunden Schweinen bei streßfreier Blutentnahme Ruhelactatwerte von 0,60 mmol/l. Bei 13,4 - 34,4 kg schweren Läuferschweinen ermittelte SCHORK (1982) Ruhelactatwerte von 1,24 ± 0,29 mmol/l.

2.2.6.3. L - Lactat bei Durchfallerkrankungen

Die durch die Dehydration bei starkem Durchfall bedingte Reduzierung der peripheren Durchblutung führt zur Gewebshypoxie und damit zum Einsetzen der anaeroben Glykolyse zur Energiegewinnung. Es kommt dabei zum Anstieg der Plasmalactatkonzentration (TENNANT et al. 1972). Unterstützt wird die einsetzende metabolische Azidose durch den enteralen Bikarbonatverlust. Bei hochgradig an Durchfall erkrankten Kälbern wurde häufig eine metabolische Azidose nachgewiesen. (FISHER 1965, u.a.) Zum Nachweis einer metabolischen Azidose beim Durchfall des Schweines ist eine möglichst streßfreie Blutentnahme nötig, was unter praktisch-klinischen Bedingungen nur selten möglich ist.

2.2.7. H A R N S T O F F

2.2.7.1. Allgemeine Bemerkungen

Das Endprodukt des Aminosäure- und Proteinstoffwechsels ist beim Säugetier der Harnstoff. Die Höhe des Serumharnstoffspiegels wird in der klinischen Diagnostik gerne als Indiz für die Ausscheidungsfunktion der Niere benutzt (ULLRICH 1975). So führt eine herabgesetzte renale Exkretion in Verbindung mit einer katabolen Stoffwechsellage zu einem raschen Anstieg der Blutharnstoffwerte.

2.2.7.2. Harnstoffwerte bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Über Harnstoff-Durchschnittswerte bei Schweinen dieses Altersabschnittes liegen nur wenige Angaben in der Literatur vor.
GLAWISCHNIG (1977) gibt als Arbeitswert für die Labordiagnostik bei 20kg schweren Läuferschweinen (n=50) 40,60 $\pm$ 6,37 mg/100 ml (=6,76 $\pm$ 1,06 mmol/l) an.
SCHORK (1982) fand bei 22 Schweinen (13,4 - 34,4 kg) einen durchschnittlichen Harnstoffspiegel von 3,93 $\pm$ 0,79 mmol/l.

2.2.7.3. Harnstoff bei Durchfallerkrankungen

Bei Durchfall kann aus der Hypovolämie eine verminderte Durchblutung der Niere resultieren. Die herabgesetzte renale Exkretion führt zu einer Retention harnpflichtiger Substanzen (HERBINGER 1972) und zur Erhöhung der Harnstoffkonzentration im Blut (MOORE 1980).
KLEE et al. (1979) fanden bei durchfallkranken Kälbern zum Teil stark erhöhte Harnstoffwerte, wobei die Höhe des Harnstoffspiegels, zusammen mit dem Hämatokrit, einen gewissen Anhaltspunkt für die Prognose darstellte. FAYET und OVERWATER (1968) messen der Bestimmung der Blutharnstoffkonzentration ebenfalls einen großen prognostischen Wert bei.

Bei durchfallkranken Schweinen konnten MANOIU et al. (1971) besonders bei jungen durchfallkranken Tieren deutlich erhöhte Harnstoffwerte feststellen: 22,6 mmol/l gegenüber gesunden Vergleichstieren mit 7,20 mmol/l. Dies zeigte sich auch bei den Untersuchungen von BOLLWAHN et al. (1981), die besonders beim Saugferkel als Folge der Dehydratation, erhöhte Harnstoffwerte ergaben.

2.2.8. O S M O L A L I T Ä T

2.2.8.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Osmolalität ist ein Maß für das Gleichgewicht zwischen dem Körperwasser und der Konzentration von Elektrolyten und organischen Substanzen, die darin gelöst sind. Im Gegensatz zur Osmolarität, die als Milli-Osmol/l Lösung definiert ist, bedeutet Osmolalität Milli-Osmol/kg. Da unter physiologischen Bedingungen ein Liter Wasser eine Masse von 1kg hat, hat die Osmolalität den gleichen Wert wie die Osmolarität (MAC DONALD 1981).

Die Osmolalität wird vom Körper in engen Grenzen sehr genau geregelt. So beträgt beim Menschen die normale Serum-Osmolalität zwischen 280 und 300 mOsmol/kg. Änderungen der Osmolalität der intravaskulären Flüssigkeit werden durch Osmorezeptoren im Hypothalamus wahrgenommen. Schon Erhöhungen des osmotischen Druckes um 2 % verursachen eine verstärkte ADH Ausschüttung aus dem Hypophysenhinterlappen. ADH greift am distalen Nephron an und bewirkt eine verstärkte Wasserrückresorption, was zu einem Absinken des osmotischen Druckes führt (ULLRICH 1975).

Erfolgt keine Kompensation, so verursacht eine erhöhte Serumosmolalität einen verstärkten Wasseraustritt aus den Zellen und führt damit zur Dehydratation.

Die Osmolalität ist ein wertvolles Hilfsmittel zur Diagnose und Behandlung eines gestörten Flüssigkeits- und Elektrolytgleichgewichts (MAC DONALD 1981).

Die Bestimmung erfolgt am besten mit der Messung der Gefrierpunktserniedrigung mit einem Osmometer.

2.2.8.2. Serum-Osmolalitätswerte bei gesunden Schweinen

Über Untersuchungen der Serumosmolalität beim Schwein liegen in der Literatur relativ wenig Ergebnisse vor. Alle Autoren geben große individuelle und altersabhängige Unterschiede an.
KETZ (1960) ermittelte bei 7 Saugferkeln mit einem Durchschnittsgewicht von 6,3 ± 1,1 kg eine Serumosmolalität von 290,3 ± 5,4 mOsm / kg. Bei 20 Läuferschweinen mit einem Durchschnittsgewicht von 25 kg betrug die Serumosmolalität 272,0 ± 8,6 mOsm/kg.
POWNALL (1970) fand bei gesunden Ferkeln am 30. Lebenstag (n=28) eine Osmolalität im Plasma von 294 ± 5 mOsm/kg. Er beobachtete dagegen eine Erhöhung der Osmolalität mit zunehmendem Alter der Tiere.
SCHORK (1982) stellte bei gesunden Schweinen im Gewichtsabschnitt 13,4 - 34,4 kg Serumosmolalitätswerte von 294,2 ± 4,82 mOsm/kg fest.

2.2.8.3. Einfluß von Fütterung und Klima auf die Osmolalität

Ein Einfluß der Fütterung und der Futterzusammensetzung auf die Osmolalität beim Schwein wird in der Literatur nicht beschrieben.
Der Einfluß der Umgebungstemperaturen auf die Osmolalität des Plasmas bei Schweinen wurde von MIKSCH et al. (1972) untersucht. Die Autoren setzten 25kg schwere Schweine Umgebungstemperaturen von 38°C, 24°C und -2°C für 180 Minuten aus. Bei einer Umgebungstemperatur von 24°C lag die Plasmaosmolalität bei 297 - 301 mOsm/kg. Bei hohen Umgebungstemperaturen wurde der Harnfluß auf 0,1 ml/min reduziert. Die Plasmaosmolalität stieg von 271 auf 295 mOsm/kg (GEORGIEV und STEINHARDT 1971).
Den Einfluß tiefer Umgebungstemperaturen auf die Wasser- und Elektrolytausscheidung bei gesunden Schweinen verschiedener Gewichtsklassen untersuchten GEORGIEV et al. (1972). An 15 weiblichen DL-Schweinen wurden bei Umgebungstemperaturen von 18°C - 24°C und -5°C - +2°C Untersuchungen des Harnflußes, der Plasmaosmolalität und Elektrolytausscheidung durchgeführt. Bei tiefen Umgebungstemperaturen

wird der Harnfluß 20 - 25 kg schwerer Läufer von 0,7 auf 2,2 ml/min gesteigert. Es kommt durch die Kältediurese auch zu einer verstärkten Ausscheidung der Elektrolyte (Na, K, Cl), die mit keiner Ausscheidung von freiem Wasser verbunden ist. Die Plasmaosmolalität wird dadurch von 303 mOsm/kg auf 291 mOsm/kg verringert. MIKSCH et al. (1972) folgern daraus, daß der Organismus des Schweines bei Kältebelastung einen beachtlichen Verlust an osmotisch wirksamen Substanzen erleiden kann.

2.2.8.4. Änderungen der Serum-Osmolalität bei Durchfallerkrankungen

Kommt es bei Durchfall zur hypertonen Dehydratation, das heißt zu überwiegendem Verlust von Wasser, so resultiert daraus eine Hypertonie des Serums, die durch einen Anstieg der Serum-Osmolalität gekennzeichnet ist. Zu solchen hypertonen Dehydratationszuständen kommt es vor allem bei diätetisch-osmotisch bedingten Durchfällen, die bei Anhäufung osmotisch wirksamer Substanzen im Darm entstehen (SCHORK 1982). Bei hypotoner Dehydratation stehen vor allem Verluste von Elektrolyten im Vordergrund. Dieser Verlust an Elektrolyten führt zur Hypotonie des Serums, die durch ein Absinken der Serumosmolalität gekennzeichnet ist. Solche Elektrolyt-Verluste treten besonders bei infektionsbedingten Durchfällen auf, bei denen zwar die Sekretion im vorderen Darmabschnitt funktioniert, aber die Resorption im kaudalen Darmabschnitt durch Epithelschädigung unterbunden ist (FORDTRAN 1967, MICHELL 1974). Bei isotoner Dehydratation treten keine Veränderungen der Serumosmolalität auf.

Bei der Beurteilung einer erhöhten Serumosmolalität ist allerdings zu berücksichtigen, daß eine Erhöhung des Harnstoffgehaltes im Serum zu einem Anstieg der Osmolalität führt, da jedes mmol/l Harnstoff ein mOsm/kg zur Gesamtosmolalität beiträgt (STUMPE und KRÜCK 1974, MAC DONALD 1981, SCHORK 1982).

2.2.9. C H L O R I D

2.2.9.1. Allgemeine Bemerkungen

Chlorid ist das wichtigste Anion der extrazellulären Flüssigkeit. Es neutralisiert etwa zu 75 % das im Blutplasma vorkommende Natrium. Im Blut ist das gesamte Natriumchlorid in Natrium- und Chloridionen gespalten. Der Natrium- und Chloridstoffwechsel stehen in engem Zusammenhang, da das Chlorid aus isoelektrischen Gründen dem Natrium passiv folgt.
Nach EBERHAGEN (1971) sind Konzentrationsänderungen im Blut vor allem bei Störungen des Säure- und Basenhaushaltes diagnostisch von Bedeutung. WEGE (1967) weist darauf hin, daß die Zeitspanne zwischen Blutentnahme und -verarbeitung einen großen Einfluß auf den Meßwert hat, da Chlorid aus dem Erythrozyten in vitro austreten kann. Die Bestimmung erfolgt meist mit titrimetrischen Methoden.

2.2.9.2. Chloridgehalt des Serums bzw. Plasmas bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Nur wenige Autoren beschäftigten sich mit der Bestimmung des Chlorid-Gehaltes im Blutplasma und Serum von Schweinen dieser Altersgruppe.
KOLB (1962) nennt für das Schwein einen Serumwert von 370 mg/100ml (= 104,3 mmol/l), SCHEUNERT und TRAUTMANN (1965) einen Schwankungsbereich von 340 - 390 mg/100ml (= 95,9 - 110 mmol/l). In beiden Fällen fehlen Angaben über Rasse, Alter und Methoden. SEIDEL (1963) gibt für 10 - 14,9 kg schwere Schweine einen Chloridwert von 372 $\pm$ 32,9 mg/100ml (= 104,9 $\pm$ 9,28 mmol/l) und im Gewichtsabschnitt von 15 - 19,9 kg 383 $\pm$ 30,1 mg/100ml (= 108 $\pm$ 8,49 mmol/l) an. Er untersuchte 20 bzw. 21 Tiere und bestimmte den Chloridgehalt mit der Methode nach Mohr. KETZ (1960) untersuchte 14 Ferkel mit einem durchschnittlichen Gewicht von 6,3 $\pm$ 1,1 kg, die in Stoffwechselkäfigen gehalten wurden. Er ermittelte Serumchloridwerte von 353,2 $\pm$ 11,7 mg/100ml (= 99,5 $\pm$ 3,3 mmol/l).

Tabelle 6: Durchschnittlicher Chlorid - Gehalt in Serum und Plasma gesunder Absatzferkel im Alter von 5 - 10 Wochen:

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Chlorid($\bar{x} \pm s$) mg/100ml	mmol/l	Methode	Bemerkungen
KOLB (1962)	-	-	370	104,3	-	Keine Angaben zu Alter, Zahl und Methode.
SCHEUNERT (1965)	-	-	340-390	95,9-110	-	-
KETZ (1960)	14 20	6,3 ± 1,1kg 24,9 ± 1,5kg	353,2 ± 11,7 342,2 ± 17,4	99,5 ± 3,3 96,4 ± 4,9	nach van Slyke und Sundermann	Haltung: Stoffwechselkäfig
SEIDEL (1963)	20 21	10- 14,9kg 15- 19,9kg	372,0 ± 32,9 383,0 ± 30,1	104,9 ± 9,3 108,0 ± 8,5	nach Mohr	-
OSBORNE (1971)	6	6 Wo	372,2 ± 10,6	105,0 ± 3,0	Autoanalyser	Yorkshire - Ferkel
TUMBLESON (1972)	40	8 Wo	371,9 (329,7-386,4)	104,9 (93-109)	Autoanalyser SMA-12/30	Hampshire x Duroc
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	356,3 ± 6,7	100,5 ± 1,9	Autoanalyser	Deutsche Landrasse
SCHORK (1982)	22	13,4-34,4kg	345,3 ± 10,2	97,4 ± 2,9	Chloridmeter Titrationsprinzip	Deutsche Landrasse, Venenkatheter.
JENKINS (1982)	7	5 Wo	366,5 (334,3-380,0)	103,4 (94,3-107,2)	Titrationsprinzip Technicon®	Yorkshire
	7	6 Wo	366,5 (349,9-377,5)	103,4 (98,7-106,5)		

Bei 6 Wochen alten Ferkeln ermittelten OSBORNE und MEREDITH (1971) Chloridwerte von 105 ± 3 mmol/l. Ähnliche Werte fanden TUMBLESON und KALISH (1972) bei 8 Wochen alten Tieren mit 104,9 mmol/l (93 - 109 mmol/l). KIRCHER (1976) bestimmte bei 18 DL-Ferkeln im Alter von 8 Wochen durchschnittliche Chloridwerte von 100,5 ± 1,9 mmol/l.
Der durchschnittliche Chloridgehalt im Serum bei gesunden Absatzferkeln liegt nach diesen Angaben etwa im Bereich von 96 - 107 mmol/l. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse verschiedener Untersucher für diese Altersklasse.

2.2.9.3. Einfluß von Fütterung und Klima auf den Chloridgehalt beim Schwein

HAARANEN (1960) gibt für magermilchgefütterte Schweine extrem niedrige Serumchloridwerte (213,9 ± 10 mg/100ml = 60,3 ± 2,8 mmol/l) an. Ob dieser niedrige Chloridwert fütterungsbedingt ist, bleibt offen; zwar konnten MEYER et al. (1950) bei Chlormangel im Futter einen bedeutenden Abfall des Blutplasmachlors feststellen, jedoch wurde bei praxisüblicher Magermilchfütterung bisher kein Chlormangel nachgewiesen. Zudem ist der Arbeit von HAARANEN nicht zu entnehmen, mit welcher Methode der Chlorgehalt im Serum bestimmt wurde.
Dem Einfluß hoher Luftfeuchtigkeit und Außentemperatur auf den Blutchlorspiegel ist die Arbeit von RIECHERT (1963) gewidmet. Mit steigender Temperatur und Luftfeuchtigkeit erhöhte sich der Chlorgehalt des Schweineblutes. Ein Verlust von Chlorid durch die Schweißsekretion ist beim Schwein nicht festzustellen, da dessen Schweißsekretion nur minimal ist.

2.2.9.4. Veränderungen des Chloridgehaltes bei Durchfallerkrankungen

Nach LEWIS und PHILLIPS (1972) steigt bei durchfallkranken Kälbern die mit dem Kot ausgeschiedene Menge an Chlorid auf das 37fache der in normalem Kot enthaltenen Menge. Die Ausscheidung über die Niere sinkt auf etwa die Hälfte.
GROPP (1981) gibt die täglichen Chloridverluste bei durchfallkranken Kälbern mit spontanem Durchfall mit 242 mg/kg LM, bei Saccharose induziertem Durchfall mit 22 mg/kg LM und bei durch Infektion induziertem Durchfall mit 319 mg/kg LM an.
Diese Verluste spiegeln sich im Serum-Ionogramm wieder. Jedoch kann eine hochgradige Exsikkose auch zu einer relativen Erhöhung der Blutmineralien führen, was als Ausdruck einer hypertonen Dehydratation zu werten ist. Nach den Untersuchungen von FISCHER und BUTTE (1974) traten bei an Enteritis erkrankten Kälbern keine signifikanten Veränderungen des Chlorid-Spiegels im Vergleich zu gesunden Kälbern auf.
Ebenso sind die Chloridkonzentrationen beim Durchfall des Schweines recht unterschiedlich, wodurch die Bestimmung der Chloridkonzentration keine genaueren Rückschlüsse auf die durchfallbedingten Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes zuläßt (MOON et al. 1970, SCHORK 1982).

2.2.10. N A T R I U M

2.2.10.1. Allgemeine Bemerkungen

Natrium ist das wichtigste Kation der extrazellulären Flüssigkeit. Es trägt wesentlich zum osmotischen Druck des Serums bei und hat bedeutenden Anteil an der Aufrechterhaltung des Säuren-Basengleichgewichts. Zusammen mit Kalium und Calcium ist es zur Muskelkontraktion, zur neuromuskulären Erregung und Reizleitung notwendig. Im Serum liegt Natrium im ionisierten Zustand vor. Die Bestimmung des Natriums im Serum erfolgt heute fast ausschließlich mit dem Flammenphotometer. Nach GAFNER (1955) ist die Flammenphotometrie den titrimetrischen und kolorimetrischen Methoden an Zuverlässigkeit weit überlegen.

2.2.10.2. Der Natriumgehalt im Serum bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Vergleichende Untersuchungen über die Natriumkonzentration im Blutserum von Schweinen verschiedener Gewichtsklassen zeigen einen Anstieg des Natriumgehaltes mit steigendem Gewicht (WIDDOWSON und MC CANCE 1956, SCHRÖTER 1962 und SCHRÖTER et al. 1963). Im Gegensatz dazu beschreiben KOLB, MÜLLER und SEIDEL (1962), daß der Serumnatriumgehalt von Ferkeln höher als bei erwachsenen Tieren liegt und fordern daher zur Beurteilung des normalen Natriumgehaltes eine Berücksichtigung des Alters. DRESSELHAUS (1961) konnte bei Verlaufsuntersuchungen an Saug- und Absatzferkeln keinen signifikanten Einfluß des Alters auf den Serumnatriumgehalt feststellen. DRESSELHAUS ermittelte für 5 Wochen alte Ferkel 326,2 $\pm$ 10,4 mg/100ml (= 141,9 $\pm$ 4,5 mmol/l) und für 9 Wochen alte Absatzferkel 324,0 $\pm$ 4,6 mg/100ml (= 141,0 $\pm$ 2,0 mmol/l). Extrem niedrige Natriumwerte fand KETZ (1960) bei etwa 6,3 kg schweren Ferkeln mit 128,2 $\pm$ 2,2 mmol/l und bei 25 kg schweren Läuferschweinen mit 127,1 $\pm$ 1,3 mmol/l.

Tabelle 7: Durchschnittlicher Natriumgehalt im Serum gesunder Absatzferkel im Alter von 5 - 10 Wochen:

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Natrium ($\bar{x} \pm s$) mg/100ml	Natrium ($\bar{x} \pm s$) mmol/l	Methode	Bemerkungen
KETZ (1960)	14 20	6,3 ± 1,1kg 24,9 ± 1,5kg	294,9 ± 5,0 292,2 ± 2,9	128,2 ± 2,2 127,1 ± 1,3	Flammenphotometrie "	Haltung: Stoffwechselkäfig
DRESSELHAUS (1961)	8	5 Wo 6 Wo 7 Wo 8 Wo 9 Wo	326,2 ±10,4 334,4 ± 3,88 321,8 ± 7,14 327,2 ± 8,76 324,1 ± 4,58	141,9 ± 4,5 145,5 ± 1,7 139,9 ± 3,1 142,3 ± 3,8 140,9 ± 1,9	" " " " "	Verlaufsuntersuchungen
KOLB (1962)	12	6-13 Wo	367,0 ± 18,6	159,6 ± 8,1	"	Dt veredeltes Landschwein
SCHRÖTER (1962)	17 22	10 - 14,9kg 15 - 19,9kg	335,1 ± 8,97 330,8 ± 9,3	145,8 ± 3,9 143,9 ± 4,0	" "	" " "
ULLREY (1967)	27 27 30 30	5 Wo 8,47kg 8 Wo 18,0 kg 5 Wo 9,3 kg 8 Wo 20,6 kg	321 ± 3 326 ± 6 342 ± 4 344 ± 2	139,6 ± 1,3 141,8 ± 2,6 148,7 ± 1,7 149,6 ± 0,8	" " " "	Hampshire x Yorkshire
OSBORNE (1971)	6	6 Wo	326,4 ± 6,89	142,0 ± 3,0	"	Yorkshire
TUMBLESON (1972)	40	8 Wo	321,8 ±13,8	140,0 ± 6,0	"	Hampshire x Duroc
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	329,6 ± 4,4	143,4 ± 1,9	"	Deutsche Landrasse
GLAWISCHNIG (1977)	50	20 kg	305,2 ± 3,33	132,7 ± 1,4	"	Deutsches Edelschwein
SCHORK (1982)	22	13,4 - 34,4kg	317,7 ± 7,4	138,2 ± 3,2	"	Deutsche Landrasse Venenkatheter

Sehr hohe Serum-Natriumwerte ermittelten KOLB et al. (1962) bei 6 - 13 Wochen alten Tieren mit 159,6 ± 8,1 mmol/l. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Ergebnisse verschiedener Untersucher für Absatzferkel im Alter von etwa 5 - 10 Wochen.

2.2.10.3. Der Einfluß der Fütterung auf den Natriumgehalt

Den Einfluß der Fütterung auf den Elektrolytgehalt untersuchte HAARANEN (1960). Er ermittelte bei mit Molke gefütterten Schweinen signifikant niedrigere Serumnatriumwerte (124,6 ± 1,9 mmol/l) als bei Schweinen, die mit Magermilch gefüttert wurden (136,5 ± 2,3 mmol/l). HAARANEN führt diese Differenz auf die unphysiologisch hohe Wasseraufnahme und den hohen Kaliumgehalt der Molke bei der Molkefütterung zurück. Ähnliche Ergebnisse werden von LEIBHOLZ (1964) mitgeteilt, der mit zunehmendem Kaliumgehalt der Futterration eine Erniedrigung der Natriumwerte im Blutplasma der Schweine erreichte.
KORNEGAY et al. (1963) untersuchten den Einfluß von 24-stündiger Nahrungskarenz auf den Elektrolytgehalt im Serum. Sie fanden keine signifikanten Veränderungen bei Natrium und Kalium. Auch eine plötzliche Futterumstellung mit unterschiedlichen Eiweißdiäten führt nach HOCK et al. (1964) zu keinen bedeutenden Veränderungen der Plasmaelektrolyte. Daraus folgern HOCK et al., daß extreme Änderungen in der Futterzusammensetzung beim gesunden Ferkel rasch zu einer Anpassung des Organismus an die veränderte Stoffwechselsituation führt.

2.2.10.4. Veränderungen des Serum-Natriumgehaltes bei Durchfallerkrankungen

In Bilanzversuchen bei an Durchfall erkrankten Kälbern wiesen LEWIS und PHILLIPS (1972) im Vergleich zu gesunden Tieren einen erheblichen Verlust an Natriumionen nach. GROPP (1981) gibt den täglichen Natriumverlust bei spontanem Durchfall mit 196 mg/kg LM und bei durch Infektion induziertem Durchfall mit 320 mg/kg LM an. Der Natriumgehalt im Serum

nimmt je nach Schwere der Erkrankung verschieden stark ab. So ermittelten FISCHER und BUTTE (1974) bei leicht erkrankten Kälbern 120 mmol/l Na, bei hochgradig an Enteritis erkrankten Kälbern 116 mmol/l Natrium im Serum. Die Unterschiede zu gesunden Kontrollkälbern (136 mmol/l) erwiesen sich bei der statistischen Prüfung als hochsignifikant. Kommt es bei Durchfall zur hypertonen Dehydratation, also vorwiegend zu Wasserverlusten, resultiert im Blut eine relative Hypernatriämie (FORDTRAN 1967, HERBINGER 1972). Wenn jedoch diese Situation mit erhöhter Wasseraufnahme beantwortet wird, so kann die Natriumkonzentration sogar unter den Ausgangswert abfallen (MICHELL 1974).
Bei hypotoner Dehydratation wird relativ mehr Natrium als Wasser verloren, die Serum-Natriumkonzentration sinkt infolge enteraler oder renaler Natriumverluste.
Bei Durchfallerkrankungen mit isotoner Dehydratation, also Verlust von Natrium und Wasser gleichermaßen, muß es nicht sofort zu einer Hyponatriämie kommen, da gleichzeitig das extrazelluläre Volumen kleiner wird. Hält der Durchfall jedoch länger an, so entwickeln sich eine Hyponatriämie und Plasmahypotonie (FISCHER und BUTTE 1974).

Zahlreiche Autoren setzten sich mit dem Problem des Elektrolytdefizits im Serum bei an Durchfall erkrankten Tieren auseinander. Die meisten stimmen darin überein, daß mit fortschreitender Erkrankung gewöhnlich eine hypotone Dehydratation und Hyponatriämie auftreten (u.a. FISCHER und BUTTE 1974, DORN et al. 1962, MOON et al. 1970, MANOIU 1971, YOUSSEF 1980).
Die Bestimmung der Natrium-Konzentration läßt also, zusammen mit der Kalium- und der Harnstoffbestimmung, genauere Rückschlüsse auf die durchfallbedingten Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes zu.

2.2.11. K A L I U M

2.2.11.1. Allgemeine Bemerkungen

Kalium ist im Gegensatz zum Natrium das Hauptkation der Intrazellularflüssigkeit. Es ist verantwortlich für die Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes in der Zelle. Kalium hat außerdem wichtige Funktionen bei der Steuerung von elektrochemischen Vorgängen an Muskeln und Nerven. Da die Erythrozyten besonders reich an Kalium sind, können hämolytische Seren nicht zur Kaliumbestimmung verwendet werden. Die Kaliumbestimmung erfolgt am besten mit dem Flammenphotometer.

2.2.11.2. Der Kaliumgehalt des Serums bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

Die in der Literatur angegebenen unterschiedlichen Mittelwerte und die großen Streuungen der Kaliumkonzentrationen haben meist physiologische und methodische Ursachen. So können sich Futterzusammensetzung, Alter, Gewicht und klimatische Einflüsse auf den Serumkaliumspiegel auswirken. Wesentlich wichtiger sind jedoch Veränderungen, die durch die Blutentnahme hervorgerufen werden können. Durch Abwehrbewegungen bei der Blutentnahme, durch Angst und Erregung kann es zu einem Kaliumanstieg im Serum kommen (SCHRÖTER et al. 1963). Ferner ist die Zeit zwischen Blutentnahme und Weiterverarbeitung von Bedeutung, da bei längerem Kontakt zwischen Blutflüssigkeit und Erythrozyten ein Austritt von Kalium aus dem Erythrozyten zu einer Erhöhung der Kaliumkonzentration im Serum führt (SCHRÖTER et al. 1963).

Für 8 Wochen alte Absatzferkel der Deutschen Landrasse gibt KIRCHER (1976) einen Kaliummittelwert von 5,72 $\pm$ 0,44 mmol/l an. Ähnliche Werte wurden auch von GLAWISCHNIG (1977) bei Schweinen der Rasse Deutsches Edelschwein ermittelt. SCHORK (1982) fand für gesunde Schweine im Gewichtsabschnitt zwischen 13,4 und 34,4kg

Tabelle 8: Durchschnittlicher Kaliumgehalt im Serum gesunder Absatzferkel im Alter von 5 - 10 Wochen:

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Kalium ($\bar{x} \pm s$) mg/100ml	Kalium ($\bar{x} \pm s$) mmol/l	Methode	Bemerkungen
KETZ (1960)	15	6,3 ± 1,1 kg	19,2 ± 2,9	4,9 ± 0,76	Flammenphotometrie	Haltung: Stoffwechselkäfig Punktion
	20	24,9 ± 1,5 kg	19,4 ± 1,3	4,9 ± 0,32	"	
DRESSELHAUS (1961)	8	5 Wo	20,2 ± 1,5	5,16 ± 0,38	"	Verlaufsuntersuchungen Punktion
		6 Wo	20,8 ± 2,0	5,31 ± 0,51	"	
		7 Wo	21,4 ± 1,4	5,46 ± 0,36	"	
		9 Wo	19,4 ± 1,6	4,97 ± 0,40	"	
DORN (1962)	10	9 Wo	17,3 - 24,5	4,43 - 6,27	"	Punktion
KOLB (1962)	12	6 - 13 Wo	25,3 ± 1,3	6,48 ± 0,33	"	Punktion
SCHRÖTER (1962)	18	10 - 14,9 kg	21,0 ± 1,7	5,38 ± 0,43	"	Punktion
	22	15 - 19,9 kg	20,6 ± 2,2	5,28 ± 0,57		
ULLREY (1967)	27	5 Wo 8,5 kg	17,6 ± 0,7	4,50 ± 0,17	"	Hampshire x Yorkshire Punktion
	27	8 Wo 18 kg	19,8 ± 0,7	5,06 ± 0,17	"	
	30	5 Wo 9,3 kg	18,7 ± 0,4	4,78 ± 0,10	"	
	30	8 Wo 20,6kg	21,4 ± 0,6	5,47 ± 0,15	"	
OSBORNE (1971)	6	6 Wo	17, ± 2,7	4,4 ± 0,7	"	Yorkshire Punktion
TUMBLESON (1972)	40	8 Wo	22,6 ± 2,3	5,8 ± 0,6	"	Hampshire x Duroc Punktion
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	22,4 ± 0,4	5,72 ± 0,44	"	Deutsche Landrasse Punktion
GLAWISCHNIG (1977)	50	20 kg	22,6 ± 0,7	5,77 ± 0,08	"	Deutsches Edelschwein Punktion
SCHORK (1982)	22	13,4 - 34,4 kg	17,9 ± 1,7	4,58 ± 0,45	"	Deutsche Landrasse Venenkatheter

einen Mittelwert von 4,58 ± 0,45 mmol/l. Diese Werte stammen jedoch von Blutproben, die aus Venenkathetern entnommen wurden.
Einen Überblick über die in der Literatur angegebenen Normalwerte für den Altersabschnitt von 5 - 10 Wochen gibt Tabelle 8.

2.2.11.3. Der Einfluß von Fütterung und Umgebungstemperatur auf den Serumkaliumgehalt

Eine Abhängigkeit des Serumkaliumgehaltes von der Futterzusammensetzung wurde mehrfach beschrieben. Bei einseitiger Fütterung mit gedämpften Kartoffeln wurde von HUPKA und HÜTTEN (1958) ein stetiger Anstieg der Serumkaliumwerte festgestellt. MEYER und Mitarbeiter (1950) untersuchten den Natriummangel in der Nahrung. Sie ermittelten bei starkem Natriummangel einen erheblichen Anstieg des Blutplasmakaliums.
Nach HAARANEN (1960) führt Molkefütterung zu höheren Kaliumwerten im Serum als Magermilchfütterung. Er vermutet als Ursache den hohen Kaliumgehalt der Molke. Nahrungskarenz und Futterwechsel haben bei gesunden Schweinen keinen Einfluß auf die Serumkaliumwerte (KORNEGAY et al. 1963, HOCK et al. 1964).
Die Kaliumwerte des Schweines stehen in enger Beziehung zur Körper- und Umgebungstemperatur. LEICHE (1964) betont, daß eine Erhöhung der Rektaltemperatur mit einem Eintritt von Kalium in die Erythrozyten und einem Kaliumdefizit im Serum einhergeht.
Den Einfluß tiefer Umgebungstemperaturen auf die Wasser- und Elektrolytausscheidung beim Schwein untersuchten GEORGIEV et al.(1972). Sie fanden, daß es bei Kältebelastung zu einer Erhöhung der Kaliumausscheidung kommt.

2.2.11.4. Verhalten des Serumkalium bei Durchfallerkrankungen

Bei durchfallkranken Kälbern steigt die ausgeschiedene Kaliummenge auf das 17,5-fache der im normalen Kot enthaltenen Kaliummenge (LEWIS und PHILLIPS 1972). Der tägliche Gesamtverlust an Kalium wird von GROPP (1981) mit 52 - 91 mg/kg LM angegeben.
Obwohl es beim Durchfall zum Kaliumverlust über Kot (LEWIS und PHILLIPS 1972) und Harn (BROD und STERZEL 1976) kommt, ist die Kaliumkonzentration im Blut aber oft erhöht (LEWIS und PHILLIPS 1972, FISHER 1971, FISCHER und BUTTE 1974 u.a.). Insbesondere bei hochgradig exsikkotischen Patienten sowie vor Eintritt des Todes ist mit hohen Serum-Kaliumwerten zu rechnen (WATT 1965, ROY et al. 1959).
Der durchfallbedingte Kaliumverlust führt zu einem Absinken der intrazellulären Kaliumkonzentration. Diese Entspeicherung entwickelt sich aber wegen der großen Menge an Kalium in den Körperzellen (98 % des Gesamtkaliums) nur allmählich bei anhaltendem Durchfall und besonders bei sehr jungen Tieren (MICHELL 1974).
Im gesunden Organismus reagiert die Niere auf eine Erhöhung des Serumkaliumspiegels, wie auch auf eine Erniedrigung des Natriumspiegels mit vermehrter tubulärer Rückresorption von Natrium und erhöhter Ausscheidung von Kalium. Bei der durchfallbedingten Hypovolämie wird diese Kompensationsfähigkeit eingeschränkt (MICHELL 1974, MOORE 1980).
Die Abnahme der intrazellulären Kaliumkonzentration bewirkt in Verbindung mit einer Hyperkaliämie ein Absinken des Membranpotentials, was besonders am Herzen zu Erregungsbildungs- und Reizleitungsstörungen führt (FISHER 1971, HARTMANN 1981). Derartig schwere Störungen treten allerdings erst bei moribunden Tieren auf (FISHER 1971).
Daneben spielt aber auch die Ätiologie des Durchfalls eine Rolle bei den unterschiedlichen Elektrolyt-Mangelzuständen. So kommt es besonders bei infektiös-bedingten Durchfällen

zu verstärktem Elektrolytverlust, während bei sogenannten nutritiv bedingten Durchfällen eine erhöhte Wasserausscheidung im Vordergrund steht, die durch Anhäufung osmotisch wirksamer Substanzen im Darm, dem Körper primär Wasser entzieht.
HERBINGER (1972) stellte als Faustregel auf, daß bei akutem Durchfall vor allem Wasser, Natrium und Bikarbonat und in geringerem Maße Kalium und Chlorid verloren gehen. Bei chronischer Diarrhoe dominiert dagegen der Kaliumverlust. Der Verlust des Gesamtkörpers an Kalium wird meist durch eine relative Hyperkaliämie maskiert. Es kommt also häufig zu einem Anstieg der Serumkaliumkonzentration, die zusammen mit der Messung der Natrium- und Harnstoffkonzentration Rückschlüsse auf die durchfallbedingten Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts sowie die Funktionsfähigkeit der Niere ermöglicht (FISCHER 1974).

2.2.12. C A L C I U M

2.2.12.1. Allgemeine Bemerkungen

Calcium ist in Verbindung mit Phosphat das wichtigste Mineral des Skelettsystems, in dem es für die Stützung und Aufrechterhaltung einer normalen Mineralisation mitverantwortlich ist. Darüber hinaus greifen freie Calciumionen in die Blutgerinnung ein und sind für die normale Herz- und Skelettmuskelkontraktion sowie für zahlreiche andere biologische Funktionen notwendig.

Die Bestimmung des Serumcalciums erfolgt am besten mit dem Flammenphotometer.

2.2.12.2. Der Serumcalciumspiegel bei gesunden Absatzferkeln im Alter von 5 - 10 Wochen

In der Literatur liegen teilweise sehr unterschiedliche Angaben über die Calciumnormalwerte vor, was WEGE (1967) auf die vielen physiologischen Variablen zurückführt. So wird von mehreren Autoren ein Einfluß des Alters bzw. der Gewichtsentwicklung angegeben, den andere Untersucher bestreiten (LUQUE 1951, ZUCKER 1954, KOTTKAMP 1952, SCHRÖTER 1962). ULLREY (1967) gibt für 5 Wochen alte Ferkel (Hampshire x Yorkshire) einen Durchschnittswert von 11,1 ± 0,12 mg/100ml (= 2,76 ± 0,03 mmol/l) an. OSBORNE (1971) ermittelte bei 6 Wochen alten Yorkshire-Ferkeln Serumcalciumwerte von 10,4 ± 0,3 mg/100ml (= 2,59 ± 0,07 mmol/l). Etwas niedrigere Mittelwerte beobachtete KIRCHER (1976) bei 8 Wochen alten Absatzferkeln der Deutschen Landrasse mit 9,69 ± 0,34 mg/100ml (= 2,41 ± 0,08 mmol/l). GLAWISCHNIG (1977) veröffentlichte als Arbeitswert für die Labordiagnostik einen Serumcalciumspiegel von 9,52 ± 0,78 mg/100ml (= 2,37 ± 0,19 mmol/l). In Tabelle 9 sind die Ergebnisse verschiedener Untersucher unter Angabe der Methode zusammengestellt.

Tabelle 9: Durchschnittlicher Calciumgehalt im Serum gesunder Absatzferkel im Alter von 5 - 10 Wochen:

Autor	Zahl der Tiere	Alter/Gewicht	Calcium ($\bar{x} \pm s$) mg/100ml	Calcium ($\bar{x} \pm s$) mmol/l	Methode	Bemerkungen
KETZ (1960)	14 20	6,3 ± 1,1 kg 24,9 ± 1,5 kg	11,52 ± 0,14 9,06 ± 0,18	2,87 ± 0,03 2,26 ± 0,04	Flammenphotometrie	Haltung: Stoffwechselkäfig
AURICH (1960)	12	4 Wo	11,52 ± 0,48	2,87 ± 0,12	Flammenphotometrie	
WENDE (1961)	20	4-8 Wo	12,72 (11,6 - 13,7)	3,17 (2,89 - 3,41)	n. Pincussen	
SCHRÖTER (1962)	15 14	10 - 14,9 kg 15 - 19,9 kg	10,01 ± 1,59 11,49 ± 1,11	2,49 ± 0,39 2,86 ± 0,27	Flammenphotometrie	Dt. veredeltes Landschwein
ENGLERT (1966)	20 20	4 Wo 8 Wo	11,36 ± 0,61 10,70 ± 0,58	2,83 ± 0,15 2,66 ± 0,14	nach Albers	
ULLREY (1967)	30 30	5 Wo 9,3 kg 8 Wo 20,6 kg	11,1 ± 0,12 11,6 ± 0,22	2,76 ± 0,03 2,89 ± 0,05	Flammenphotometrie	Hampshire x Yorkshire
OSBORNE (1971)	6	6 Wo	10,4 ± 0,3	2,59 ± 0,07	"	Yorkshire
TUMBLESON (1972)	40	8 Wo	11,6 ± 0,6	2,89 ± 0,15	"	Hampshire x Duroc
KIRCHER (1976)	18	8 Wo	9,69 ± 0,34	2,41 ± 0,08	"	Deutsche Landrasse
GLAWISCHNIG (1977)	50	20 kg	9,52 ± 0,78	2,37 ± 0,19	"	Deutsches Edelschwein

2.2.12.3. Einfluß der Fütterung auf den Calciumspiegel im Blut beim Schwein

Ernährungsbedingte Veränderungen des Calciumspiegels beim Schwein sind Gegenstand vieler Untersuchungen. Wichtiger als der Calciumgehalt des Futters ist jedoch das optimale Verhältnis zwischen Calcium und Phosphor.
BULLING (1952) konnte durch eine eiweiß-, mineral- und vitaminarme Fütterung ein schnelles Absinken der Serumcalciumwerte bis etwa auf die Hälfte der bei Kontrolltieren ermittelten Werte erreichen.
HAARANEN (1960) fand bei mit Molke gefütterten Schweinen deutlich niedrigere Werte, als bei Tieren, die mit Magermilch gefüttert wurden.
Der Ausmahlungsgrad des Futters hat nach CRABO et al. (1973) keinen Einfluß auf die Blutcalciumwerte.
Die Veränderungen des Serumcalciumgehaltes bei Nahrungsentzug untersuchten KORNEGAY et al. (1963). So trat nach 51stündigem Hungern eine Erhöhung des Calciumspiegels auf. 24 Stunden nach der Wiederfütterung bestanden keine Unterschiede mehr zu den Kontrolltieren.

2.2.12.4. Veränderungen des Serumcalciumspiegels bei Durchfallerkrankungen

MC SHERRY et al. (1954) berichten, daß bei durchfallkranken Kälbern in den meisten Fällen eine signifikante Hypokalzämie auftritt, während sich die Natrium-, Kalium- und Chloridkonzentration nicht einheitlich ändert.
YOUSSEF (1980) konnte bei an Durchfall erkrankten neugeborenen Kälbern einen deutlichen Abfall des Serumcalciumspiegels gegenüber gesunden Vergleichstieren feststellen. Über ähnliche Befunde beim Durchfall des Schweines liegen keine Untersuchungen vor.

2.3. DURCHFALLERKRANKUNGEN IN DER AUFZUCHTPHASE

2.3.1. Pathogenese des Durchfalls

Durchfall wird definiert als Malabsorption von Wasser und Elektrolyten, die zu erhöhter Kotausscheidung sowie Verlust von Wasser und auch Elektrolyten führt (PHILLIPS 1972, EWE 1975).

FORDTRAN (1967) unterscheidet vier Pathogeneseformen:

1) Unterbrechung normaler Zelltransportprozesse
2) Gestörte Permeabilität der Darmwand
3) Anhäufung nicht resorbierbarer Stoffe im Darmlumen
4) Störung der Darmmotilität

Diese vier Pathogeneseformen führen einzeln oder in Kombination zur Beschleunigung der Darmpassage, zu verminderter intestinaler Flüssigkeitsresorption oder vermehrter intestinaler Flüssigkeitssekretion (EWE 1975, SCHORN 1982, SCHORK 1982).

2.3.1.1. Infektiöser Durchfall

Als Ursachen für Durchfallerkrankungen im Saugferkelalter und in den ersten Wochen nach dem Absetzen kommen in erster Linie Infektionen mit Bakterien und Viren in Betracht. Zu den wichtigsten infektiösen Magen-Darm-Erkrankungen zählen:

1) E. coli-Ruhr
2) Transmissible Gastroenteritis (Corona-Virus) TGE
3) Epidemische Virus-Diarrhoe (Corona-Virus) EVD
4) Schweinedysenterie (Treponema hyodysenteriae)

Neben den Infektionserregern kommt auch den Fütterungsfehlern pathogenetische Bedeutung zu. Diese beiden Faktoren können einerseits als primäre Krankheitsursache auftreten, andererseits sollen Fütterungsfehler erst die Voraussetzung für das Angehen einer E. coli-Infektion schaffen (BOLLWAHN 1981).

Die rein infektiös bedingten Durchfallerkrankungen sollen nicht im Vordergrund dieser Betrachtungen stehen, der Schwerpunkt soll vielmehr auf die Besprechung des sogenannten "fütterungsbedingten" Durchfalls gelegt werden.

2.3.1.2. Fütterungsbedingter Durchfall

In verschiedenen Handbüchern zur Schweineproduktion (GRAUVOGL 1974) und in Fütterungsempfehlungen für Absatzferkel (KIRCHGESSNER 1975) wird häufig darauf hingewiesen, daß es neben den infektiösen auch fütterungsbedingte Durchfallerkrankungen gibt. Vielfach wird nur von fütterungsbedingtem Durchfall gesprochen, ohne die Gründe dafür anzugeben.
Die meist genannten Ursachen sind: abrupter Futterwechsel, Überfütterung, Verabreichung schwer verdaulicher und verdorbener bzw. bakteriell kontaminierter Futtermittel - also Fütterungsfehler. Solche Fütterungsfehler werden als Ursache für eine Maldigestion angesehen, die zur Dysbakterie und zu pH-Wertverschiebungen im Magen-Darmtrakt führt.

Nach MENKE (1975) können hochverdauliche Rationen dazu führen, daß die auf Zellulose als Substrat angewiesene Darmflora ihren Stoffwechsel mangels Zellulose auf Proteinabbau umstellt und damit zur vermehrten Bildung von toxischen Stoffen (Amine, Ammoniak) beiträgt. Die Anhäufung biogener Amine im Darm kann zur Folge haben, daß diese durch die in der Darmschleimhaut angeordneten Aminoxydasen nicht mehr abgebaut werden können und daher resorbiert werden (WEIJERS und DE KAMER 1965, BERGNER 1982). Die Darmschleimhaut reagiert darauf mit übermäßiger Sekretion und Hyperperistaltik (WEIJERS und DE KAMER 1965).
DROCHNER et al. (1978) konnten feststellen, daß bereits durch geringe intracäcal verabreichte Harnstoffmengen (1g/kg KGW und Tag) beim Schwein Durchfall auszulösen ist.

Ein Überangebot an Kohlenhydraten in der Nahrung führt dazu, daß die Resorptionskapazität dafür im Dünndarm überschritten wird und vermehrt Kohlenhydrate ins Colon gelangen. Dort nimmt

die saccharolytische Flora überhand, es kommt zur übermäßigen Produktion von Milch- und Essigsäure, deren irritierender Effekt auf die Schleimhaut zu Hyperperistaltik und beschleunigter Passage führt. Zudem wird durch den osmotischen Effekt der Kohlenhydrate vermehrt Wasser in das Darmlumen abgegeben (WEIJERS und VAN DE KAMER 1965, EWE 1975). Im Gegensatz dazu stehen die Untersuchungen von SCHORN (1982). Er konnte auch durch maximale Gaben von Kohlenhydraten keinen Durchfall auslösen.

Allgemein wird empfohlen, eine notwendige Futterumstellung langsam vorzunehmen. Vor allem beim Absetzen der Ferkel soll eine allmähliche Gewöhnung der Tiere an das Ferkelaufzuchtfutter bereits während der Säugezeit vorgenommen werden. Nach einer zu raschen Futterumstellung können sich pathogene Keime relativ schnell vermehren, während die normale Keimflora eine gewisse Anpassungszeit benötigt. Besonders betont wird eine vorsichtige Umstellung von Festfutter auf Flüssigfutter.
Bei Flüssigfütterung mit Molke treten gelegentlich diätetisch bedingte Durchfälle auf, die auf Qualitätsschwankungen infolge unterschiedlicher Lagerungsdauer und auf die leicht laxierende Wirkung der Molke zurückgeführt werden (KRISTOF und LEIBETSEDER 1983, HOLMES 1971).

Nach BURGSTALLER (1981) besteht bei überhöhten Molkegaben die Gefahr einer unzureichenden Lactoseverdauung im Dünndarm, wodurch Fehlgärungen im Dickdarm auftreten können. Ansaure Magermilch führt nach GRAUVOGL et al. (1974) und MEYER (1978) leicht zu Durchfall und sollte deshalb nicht verfüttert werden.

Das Absetzen der Ferkel mit 5 Wochen fällt in eine Zeit, in der die enzymatische Entwicklung des Magen-Darm-Kanals noch einem Reifungsprozess unterliegt. So besteht oft zum Zeitpunkt des Absetzens eine noch unzureichende proteolytische Kapazität der Ferkel. Gleichzeitig weist die humorale Immunität noch Lücken auf. Besonders ungünstig wirkt sich

der Wegfall der laktogenen Immunität (sekretorisches JgA) durch Entzug der Sauenmilch aus. Zur ausreichenden Eigenproduktion von Immunglobulinen sind Ferkel frühestens erst ab der 6. Lebenswoche fähig (EHLERT et al. 1983). Aus der Gesamtheit dieser pathogenetisch wirksamen Faktoren soll eine Disposition für Durchfallerkrankungen nach dem Absetzen entstehen.

Für die Ätiologie und Pathogenese der Diarrhoen nach dem Absetzen haben neben der Fütterung auch die Haltungsbedingungen einen bedeutenden Einfluß. Die optimale Stalltemperatur unmittelbar nach dem Absetzen soll bei 26 - 28°C liegen. TENK und SZABO (1979) gelang es durch Wärme- und Kältebelastung, die Magen-Darm-Flora zu beeinflussen. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß zwischen zusätzlichem Streß bzw. Belastungen beim Absetzen und der Durchfallhäufigkeit eine Beziehung besteht (JOHANNSEN 1977).

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Versuchstiere und Versuchstierhaltung

Als Versuchstiere wurden unkastrierte und kastrierte männliche Absatzferkel der Deutschen Landrasse mit einem Körpergewicht von 8,8 - 13,9 kg (Anfangsgewicht) eingesetzt. Die Ferkel stammten aus der Schweineherde des Lehr- und Versuchsguts Oberschleißheim der Universität München und waren 2 - 21 Tage vor Versuchsbeginn von der Sau abgesetzt worden.

Je sechs Tiere, die bei der klinischen Untersuchung unauffällig waren, wurden am Tage nach der Anlieferung mit intravenösen Verweilkathetern versehen. Danach erfolgte die Gewöhnung der Tiere an die Stoffwechselkäfige. Die von SCHORN (1982) beschriebenen Stoffwechselkäfige wurden zusammen mit ZIMMERER (1984) umgebaut und mit einer Bodenheizung versehen. Zusätzlich wurden noch drei weitere Einzelkäfige neu erstellt.

Nach durchschnittlich drei Tagen Vorperiode wurden die Tiere in den fahrbaren Stoffwechselkäfigen in einen kühleren bzw. warmen Raum verbracht und auf Flüssigfutter umgestellt.

In der Vorperiode erhielten die Ferkel 2 x täglich Schrotmischung (Übersicht 1) bzw. pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter (siehe Übersicht 1) in der dem Gewichtsabschnitt entsprechenden Menge. Wasser stand den Tieren über Nuckeltränken während der ganzen Versuche jederzeit zur Verfügung.

In der Versuchsphase wurde den Tieren Flüssigfutter mit einem Mischungsverhältnis Flüssigkeit (Wasser, Molke, Magermilch) zu Schrotmischung (Übersicht 1) von 3 : 1 angeboten. Die Flüssigfuttermenge je Tier wurde so bemessen, daß der Trog innerhalb von 20 - 30 Minuten vollständig geleert wurde. Die Fütterung erfolgte 2mal täglich um 8 ^{h} und 16 ^{h}.

Den Versuchstieren wurde täglich um 8 ^{h} morgens Blut zur hämatologischen und chemischen Untersuchung entnommen.

Übersicht 1: Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel

Schrotmischung: hergestellt im Lehr-und Versuchsgut Ober-Schleißheim der Universität München, unter Verwendung von Mais, Gerste, Kleie, Sojaschrot, Fischmehl, Leinexpeller und einer Mineralstoffmischung.
Gehalt nach DLG-Futterwerttabelle:

1 kg enthält	4,6% Rohfaser
	152 g verd. Eiweiß
	700 GN
	9,3 g Lysin
	6,2 g Meth. u. Cystin
	Verdaulichkeit 85 %

Ferkelaufzuchtfutter (pelletiert): Feldmochinger Automaten-Starter F 2 (Feldmochinger Kraftfutterwerk, München)

Zusammensetzung nach Angaben des Herstellers:

Rohprotein	17,0%	Zusatzstoffe je kg Mischfutter
Rohfett	3,0%	20.000 IE Vit A
Rohfaser	6,0%	2.500 IE Vit D_3
Rohasche	7,0%	38 mg Vit E
Calcium	0,9%	50 mg Carbadox
Phosphor	0,7%	200 mg Kupfer
Natrium	0,2%	Propionsäure
Lysin	0,95%	BHT
EZS 62		

Molke: (durchschnittlicher Gehalt)		Magermilch:
TS	5,6%	8,7 %
verd,Eiweiß	7 g	32 g
GN	50	78
Lysin	0,5g	2,6 g
Meth. u Cystin	0,3g	1,2 g
Verdaulichkeit	97 %	95 %

3.1.2. Versuchsplan (Versuchsübersicht)

In sieben verschiedenen Fütterungsversuchen sollte die Verfütterung kalten bzw. "verdorbenen" warmen Flüssigfutters, unter Verwendung von Molke und Magermilch, bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen in ihrem Einfluß auf die Kotbeschaffenheit der Versuchstiere sowie deren diarrhoe-relevante Blutparameter untersucht werden.

Versuch 1: Flüssigfütterung Wasser - Schrotmischung kalt. Allmähliche Umstellung, niedrige Umgebungstemperatur.

Versuch 2: Flüssigfütterung frische Molke - Schrotmischung. Kaltes Futter und niedrige Umgebungstemperatur. Rasche Umstellung.

Versuch 3: Flüssigfütterung frische Molke - Schrotmischung. Rasche Umstellung nach Nahrungskarenz auf kaltes Flüssigfutter bei niedrigeren Umgebungstemperaturen.

Versuch 4: Flüssigfütterung mit 5 Tage alter, offen bei Zimmertemperatur gelagerter Molke - Schrotmischung. Rasche Umstellung nach Nahrungskarenz. Kühlere Umgebung.

Versuch 5: Flüssigfütterung mit 5 Tage alter Molke - Schrotmischung nach Nahrungskarenz.
Haltung in Sammelbox mit Einstreu und normalen Umgebungstemperaturen.

Versuch 6: Flüssigfütterung mit dicksaurer Magermilch, 7 Tage gelagert ohne Zusatz von Säureweckern - Schrotmischung bei normalen Umgebungstemperaturen.

Versuch 7: Flüssigfütterung mit ansaurer Magermilch - Schrotmischung bei normalen Umgebungstemperaturen.

3.1.3. Blutentnahme

Um die Blutentnahme zu erleichtern und deren Einfluß auf bestimmte Blutparameter zu vermeiden, wurden den Versuchstieren 2 Tage vor Versuchsbeginn intravenöse Verweilkatheter mittels Venaesectio (ERHARDT 1983) implantiert.

Dazu wurden die Tiere mit Azaperon, 1mg/kg Körpergewicht intramuskulär (Stresnil^{R} Fa Janssen) und Etomidat, 1,2mg/kg intravenös (Hypnomidate^{R} Fa Janssen) in Narkose gelegt (ERHARDT et al. 1983). Anschließend wurde die Haut an der Halsunterseite und auf dem Rücken hinter den Schulterblättern rasiert, gereinigt, entfettet und desinfiziert.

Nach Fixierung in Rückenlage wurde an der rechten oder linken Halsunterseite ein etwa 3 - 4 cm langer Hautschnitt gesetzt und mit der Schere die Vena jugularis externa stumpf freipräpariert. Von dem Hautschnitt aus wurde ein Messingrohr (3mm Innendurchmesser, 50 - 60cm Länge) mit angeschliffener Spitze im Unterhautfettgewebe vor dem Schulterblatt in den Rückenbereich geführt. Hinter den Schulterblättern wurde die Haut nach außen durchstoßen. In das Rohr wurde das freie Katheterende eingeführt, bis der Katheter im Hautschnitt am Hals erschien. Das Messingrohr über dem Katheter wurde wieder zurückgezogen - damit war er unter der Haut verlegt. Als Katheter diente eine ERU ^{R} - Ernährungssonde (Cat No 224100 ca 100cm lang, Size Gr.2 Fa Rüsch, Waiblingen).
Die freipräparierte Vena jugularis externa wurde mit Hilfe eines Deschamps mit zwei Fadenzügeln im Abstand von etwa 1 - 1,5 cm versehen. Der kraniale Fadenzügel wurde verknotet, der kaudale Fadenzügel wurde so gehalten, daß die Vene gestaut wurde. Mit einer kleinen spitzen Schere wurde das Gefäß an der gestauten Stelle geöffnet und durch diese Öffnung das freie Katheterende eingeführt. Der Katheter wurde soweit eingeschoben, daß sein freies Ende, entsprechend den angebrachten Markierungen, etwa in der Vena cava caudalis zu liegen kam.

Diese Lage des Katheters wurde deshalb gewählt, weil die Gefahr des Herausziehens durch die Bewegungen des Tieres oder infolge Körperwachstums geringer ist, als bei der Lage in der Vena cava cranialis. Um den Katheter über die rechte Vorkammer in die Vena cava caudalis zu bringen, mußte während des vorsichtigen Vorschiebens die Lage des Tieres seitlich verändert werden. Durch Auskultation der Herztöne wurde sichergestellt, daß der Katheter nicht intrakardial lag. Trat das Blut im Rhythmus des Herzschlages aus, so lag der Katheter wahrscheinlich im Herzen.
An der Eintrittstelle des Katheters in die Vene wurde der kaudale Fadenzügel über dem Katheter vorsichtig verknotet und der Katheter im umliegenden Bindegewebe fixiert.
Die Wunde am Hals wurde antibiotisch versorgt und mit einer Hautnaht verschlossen.
An der Austrittstelle des Katheters auf dem Rücken wurde mit Hilfe von selbstklebendem Gewebeband eine Befestigung für eine mit Reißverschluß versehene Tasche von 10 x 5 cm Größe geschaffen. Mittels zweier Brustgurte aus Gewebeband war eine sichere Befestigung der das Katheterende enthaltenden Tasche möglich.
Auf das Katheterende wurde ein Dreiwegehahn (Stopcock - AHS International, Herstal, Belgien) gesteckt und der Katheter mit Liquemin-Kochsalzlösung (5000 IE Natriumheparinat/ 500 ml 0,9%ige physiol. Kochsalzlösung) gefüllt und der Hahn geschlossen. Der Dreiwegehahn verhinderte ein Absinken der Liqueminsäule im Katheter.
Der Katheter mit dem Dreiwegehahn wurde in der Tasche verpackt und das Tier bis zum Aufwachen aus der Narkose in einem geheizten Raum gehalten. Die postoperative Versorgung erfolgte mit Omnamycin 2 Tage lang.
Die Katheter wurden täglich zweimal mit Liquemin-Kochsalzlösung gespült.

Zur Blutentnahme wurde der Katheter mit 2ml physiol. Kochsalzlösung gespült und die anschließend entnommenen 3 ml Blut verworfen. Vom daraufhin entnommenen Blut wurde 1 ml in ein EDTA-Röhrchen gegeben, 2 ml Blut wurden zur L-Lactat-Bestimmung in ein Fluorid-EDTA-Röhrchen gefüllt und beide Röhrchen verschlossen einige Male gekippt. Weitere 5 ml wurden zur Serumgewinnung in eine Serum-Monovette^{R} (Sarstedt) aufgezogen.
Abschließend wurde der Katheter mit 5 ml physiologischer Kochsalzlösung gespült und mit 1-2 ml Liquemin-Lösung gefüllt und verschlossen.
Die Blutproben wurden über die ganze Versuchsdauer um 8 Uhr morgens entnommen.
Bei 2 Tieren mußte eine Nachoperation erfolgen, da sie sich den Katheter selbst gezogen hatten; bei Ausbruchsversuchen aus dem Stoffwechselkäfig hatten sie sich die Tasche abgerissen. Zwei Tiere wurden nachoperiert, da die Katheter geknickt bzw. nicht durchgängig waren.
Nach Versuchsende wurden die Katheter wieder entfernt.

3.1.4. Hämatologische und metabolische Blutuntersuchung

Das EDTA-Blut wurde etwa eine Stunde nach der Entnahme auf Hämatokrit, Hämoglobingehalt, Erythrozyten- und Leukozytenzahl untersucht.
Das Fluorid-EDTA-Blut wurde 5 Minuten bei 3000 U/min zentrifugiert und das überstehende Plasma noch am selben Tag oder spätestens nach 3 Tagen (Aufbewahrung bei 4°C) auf den L - Lactatgehalt untersucht.
Die Serummonovette wurde 10 Minuten bei 3000 U/min zentrifugiert und das überstehende Serum spätestens am 2.Tag nach der Entnahme auf Osmolalität, Chlorid, Harnstoff, Natrium, Kalium und Calcium untersucht. Die erhaltenen Meßwerte stellen den Mittelwert einer Doppelbestimmung dar.

Hämatokrit

Der Hämatokrit wurde mittels heparinisierter Microhämatokritröhrchen und einer Microzentrifuge (Microfuge HC 102 der Firma Heraeus-Christ, Osterode am Harz) bestimmt. Dazu wurden die mit Blut gefüllten Microhämatokritröhrchen 5 Minuten bei 11000 U/min zentrifugiert und anschließend der Hämatokritwert anhand einer Schablone ermittelt.

Hämoglobin

Die Hämoglobinbestimmung erfolgte mit der "Test-Combination Hämoglobin Nr 124729 " der Firma Boehringer Mannheim.Der Test arbeitet in folgender Weise:

Hämoglobin + Cyanid + Ferricyanid ⟶ Hämiglobincyanid

In Micropipetten wird Blut bis zur Markierung aufgezogen (=0,02ml) und in 5 ml der Reagenzlösung gegeben. Die Micropipette ist durch mehrmaliges Aufziehen und Ausblasen gut zu spülen. Die Lösung wird gut gemischt und bei 20° - 25°C inkubiert.
Die Messung erfolgte nach ungefähr 20 Minuten im Digitalphotometer PCP 6121 (Eppendorf, Hamburg) bei einer Wellenlänge von 546 nm gegen dest. Wasser. Bei dem eingestellten Faktor von 36,8 konnte die Hämoglobinkonzentration in g/100ml abgelesen werden.

Erythrozyten- und Leukozytenzählung

Zur Bestimmung der Erythrozyten- und Leukozytenzahl wurde das automatische Blutkörperchenzählgerät Coulter Counter FN der Firma Coulter Electronics Limited (Dunstable, Bedfordshire, England) verwendet.
Die Verdünnung wurde mit dem Dual Diluter III (Coulter Electronics Limited, England) hergestellt.
Die Erythrozytenzählung erfolgte bei Schwellenwert 9 und wurde mit der dem Gerät beiliegenden Korrekturliste korrigiert. Die Leukozytenzählung wurde beim Schwellenwert 13 vorgenommen, nachdem die Verdünnung zur Leukozytenzählung mit 6 Tropfen Zap-Oglobin (Coulter Electronics Limited) versetzt und kurz geschüttelt wurde.

MCHC und MCV

Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten und das mittlere Erythrozytenvolumen wurden nach folgenden Formeln berechnet:

$$MCHC = \frac{100 \times \text{Hämoglobingehalt (g/100ml)}}{\text{Hämatokrit \%}} = g/100ml$$

$$MCV = \frac{\text{Hämatokrit} \times 10}{\text{Erythrozyten (Mill/µl}} = \mu m^3$$

L-Lactat

Zur Plasmalactatbestimmung wurde der "monotest Lactat vollenzymatisch" Best.Nr. 149993 der Firma Boehringer Mannheim verwendet. Dieser enzymatische UV-Test ohne Enteiweißung arbeitet nach dem Prinzip:

$$\text{L-Lactat} + NAD^+ \xrightleftharpoons{LDH} \text{Pyruvat} + NADH+H^+$$

$$\text{Pyruvat} + \text{L-Glutamat} \xrightleftharpoons{GPT} \text{L-Alanin} + \alpha\text{-Ketoglutarat}$$

Zur frisch angesetzten Reagenzlösung (Coenzym NAD und Puffer) werden 0,10 ml Plasma gegeben und gut gemischt. Von diesem Gemisch, dem Probenleerwert, werden 2,50 ml abpipettiert und in ein Reagenzglas gegeben. Zu diesen 2,50 ml werden 0,05 ml Suspension 3 (Enzyme LDH und GPT) gegeben und sofort gemischt. Nach 10-15 Minuten wurden die Extinktion der Probe und des Probenleerwertes im Digitalphotometer PCP 6121 bei einer Wellenlänge von 365 nm gemessen. Bei dem eingestellten Faktor von 15,3 wurde die Plasmalactatkonzentration in mmol/l aus der Differenz zwischen dem Probenwert und dem Probenleerwert berechnet.

Harnstoff

Die Bestimmung des Harnstoffgehaltes im Serum erfolgte mit der "Testkombination Harnstoff" Nr. 524310 der Firma Boehringer Mannheim, einem enzymatischen UV-Test mit folgendem Testprinzip:

$$\text{Harnstoff} + H_2O \xrightarrow{\text{Urease}} 2\ NH_3 + CO_2$$

$$2\ \alpha\text{-Ketoglutarat} + 2\ NH_4^+ + 2\ \text{NADH} \xrightarrow{\text{GLDH}} 2\ \text{L-Glutamat} + 2\ NAD^+ + 2\ H_2O$$

Bei dem verwendeten Test (Start mit Urease, Einsatz von unverdünntem Serum) werden zu 2500 µl Reagenzlösung 5 µl Probe zupipettiert, gemischt und 10 Minuten inkubiert. Danach wird die Extinktion E_1 bei 334 nm gemessen. Nach Zugabe von 10 µl Urease-Suspension wird gemischt und nach 10 - 15 Minuten die Extinktion E_2 abgelesen.
Zur Herstellung des Reagenzienleerwertes werden 2500 µl Reagenzlösung und 10 µl Urease-Suspension verwendet.
Bei der Berechnung der Harnstoffkonzentration in mmol/l ist von der Extinktionsdifferenz $E_1 - E_2$ die Extinktionsdifferenz des Reagenzienleerwertes ($E_{RL1} - E_{RL2}$) zu subtrahieren und der erhaltene Wert mit dem Faktor 40,6 zu multiplizieren. Für diese Bestimmung wurde das Digitalphotometer PCP 6121 verwendet.

Osmolalität

Die Serumosmolalität wurde mit dem Halbmikro - Osmometer Typ M 2120 (KG Dr. Knauer, Berlin) ermittelt. Das Gerät arbeitet nach dem kryoskopischen Meßprinzip: Die Probe wird auf eine bestimmte Temperatur unterkühlt und, sobald diese Temperatur erreicht ist,das Gefrieren ausgelöst. Wasser erreicht nach dem Gefrieren eine Temperatur von 0^oC, Lösungen dagegen eine niedrigere Temperatur. Die Temperaturdifferenz ΔT wird am Gerät in mOsm/kg abgelesen.
Die Einstellung des Nullwertes erfolgte mit 0,15 ml Aqua bidest. und die Eichung mit einer Eichlösung von 400 mOsm/kg. Als Probevolumen wurden 0,15 ml Serum benötigt.

Chlorid

Die Chloridkonzentration im Serum wurde nach dem coulometrischen Titrationsprinzip mit dem Chloridmeter Corning EEL Modell 920 durchgeführt: 0,1 ml Serum wurden zu 15 ml Säurepuffer pipettiert und nach Beendigung des Meßvorganges in mmol/l abgelesen. Die Eichung erfolgte mit einer Standardlösung der Herstellerfirma des Gerätes (Evans Electroselenium Limited, Halstead, Essex, England).

Natrium, Kalium und Calcium

Die Serumelektrolyte wurden mit dem Flammenphotometer FCM 6341 der Firma Eppendorf(Hamburg) bestimmt.
Funktionsprinzip: Die Meßsubstanz wird fein gelöst und feinverteilt in eine nichtleuchtende Flamme gebracht. Die thermische Energie regt die Elemente an; bei der Rückkehr in den Grundzustand wird für jedes Element Licht einer charakteristischen Wellenlänge ausgestrahlt.
Je mehr Atome in der Flamme vorhanden sind, um so stärker ist die ausgestrahlte Lichtmenge, sodaß aus der Messung der Lichtintensität die Konzentration der Meßlösung bestimmt werden kann. Jeder Meßwert wird von einem integrierten Rechner aus 50 Einzelmessungen gemittelt und angezeigt. Die Anzeige erfolgt in mmol/l für alle drei Elektrolyte gleichzeitig.
Die Eichung erfolgt mit einer Nullösung und einer Serum-Standard-Stammlösung der Herstellerfirma.
Die Proben wurden mit dem F-Diluter 5203 der Firma Eppendorf (Hamburg) 1 + 50 verdünnt: 40 ul Serum und 2,0 ml Nullösung (= 10 ml Lithiumstammlösung (Eppendorf) mit Aqua dest. auf 1 Liter aufgefüllt).

Bei allen Untersuchungen von Serum und Plasma wurde Precinorm ^{R} U 2-578 zur Qualitätskontrolle verwendet.

3.2.1. Blutwerte der gesunden Absatzferkel in der Normalperiode

Aus den Einzelwerten aller Versuchstiere in der Normalperiode (Vorperiode) wurden, getrennt nach Alter bzw. Gewicht, die Mittelwerte ($\bar{x}$), die Standardabweichungen (s) und die Variationskoeffizienten (VK) ermittelt. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse dargestellt, wobei n die Anzahl der Einzelwerte und die Zahl in der Klammer die Anzahl der Tiere angibt.

	Gewicht: 7,8 - 10 kg Alter: 6 Wochen n = 53 (12)			Gewicht: 10 - 15 kg Alter: 7 - 8 Wochen n = 67 (24)		
	$\bar{x}$	s	VK	$\bar{x}$	s	VK
Hämatokrit %	30,06	3,07	9,89	31,44	1,99	6,34
Hämoglobin g/100ml	9,57	0,88	9,17	9,34	0,97	10,46
Erythrozyten Mill/µl	5,77	0,66	11,53	5,82	0,38	6,50
MCHC g/100ml	30,92	1,73	5,60	29,64	2,45	8,26
MCV μm^3	54,05	3,96	7,33	54,15	3,14	5,80
Leukozyten pro µl	14665	4266	29,09	13637	2898	21,25
L-Lactat mmol/l	1,39	0,49	35,08	1,64	0,40	24,70
Harnstoff mmol/l	4,14	0,75	18,08	4,52	1,51	33,48
Osmolalität mOsm/kg	287,4	8,35	2,90	293,9	5,43	1,84
Chlorid mmol/l	99,96	5,56	5,56	100,4	4,29	4,27
Natrium mmol/l	143,4	3,16	2,20	142,3	3,67	2,58
Kalium mmol/l	4,05	0,26	6,52	4,46	0,44	9,90
Calcium mmol/l	2,46	0,16	6,86	2,48	0,13	5,27

3.2.2. Ergebnisse der einzelnen Versuche

Versuch 1: Flüssigfütterung: Schrot - Wasser kalt; allmähliche Umstellung; niedrige Umgebungstemperatur.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 10,0 - 14,2 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 3 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Stoffwechselkäfige

Umgebungstemperatur:
Vorperiode: 20 - 22°C
Hauptperiode: 6 - 12°C

Bodentemperatur der Stoffwechselkäfige:
Vorperiode: ca 28°C
Hauptperiode: ca 10°C

Fütterung:
Vorperiode: Schrotmischung, langsame Umstellung auf Flüssigfütterung, Menge: nach Gewicht.
Hauptperiode: Schrotmischung : Wasser = 1 : 3
Menge: nach Aufnahmevermögen.

Futtertemperatur:
Vorperiode: 15 - 20°C
Hauptperiode: 1 - 6°C

Futter-pH:
Vorperiode: ø 5,82
Hauptperiode: ø 5,86

Bemerkungen:

Am ersten Tag der Vorperiode erhielten die Tiere die Schrotmischung trocken. Die Menge richtete sich nach dem Körpergewicht der Ferkel. Wasser stand den Tieren über Nuckeltränken ständig zur Verfügung. Am folgenden Tag wurde die Schrotmischung mit Wasser 1 : 1 und am 3.Tag 1 : 3 angeboten.

Ab dem 4.Tag = 1.Tag der Hauptperiode wurde Flüssigfutter bis Versuchsende kalt vorgelegt. Die Bodenheizung wurde abgeschaltet und die Umgebungstemperatur, durch Verbringen in einen kühleren Raum, gesenkt. Das kalte Futter wurde dadurch hergestellt, daß Schrotmischung und Wasser 1 : 1 angerührt und tiefgefroren wurde. Vor der Verfütterung wurde es mit soviel 4°C warmem Wasser aufgetaut, daß ein Mischungsverhältnis von 1 : 3 erreicht wurde.
Im Zuge der Umstellung wurden folgende Faktoren verändert: Futterkonsistenz, Futtertemperatur, Umgebungs- und Bodentemperatur.

Ergebnisse:

Die Tiere nahmen das vorgelegte kalte Futter zügig und vollständig auf. Während der Futteraufnahme war ein deutliches Kältezittern zu beobachten. Erkrankungen der Atemwege traten nicht auf. Bei keinem der 6 Versuchstiere trat, infolge der Umstellungen, Durchfall auf.

Durch die Umstellung der Fütterung und die Veränderung der Umgebungstemperatur kam es zu Veränderungen der Blutparameter, die allerdings den physiologischen Schwankungsbereich nicht über- bzw. unterschritten. Die Unterschiede zwischen Vor- und Hauptperiode wurden statistisch mittels Varianzanalyse überprüft.
Die in der Tabelle I aufgeführten Werte der Vorperiode "V" und die Werte der Hauptperiode "H" stellen Durchschnittswerte der einzelnen Tiere in Vor- und Hauptperiode dar. Soweit sich beim Vergleich zwischen Vor- und Hauptperiode statistisch gesicherte Veränderungen ergaben, sind diese in der letzten Spalte vermerkt.
Bei allen 6 Versuchstieren (VT) kam es zu einem Anstieg des Hämatokritwertes in der Hauptphase um durchschnittlich 2,1 %. Ebenso stieg bei allen Tieren der Hämoglobingehalt im Durchschnitt um 1,3 g/100ml an. Die Erythrozytenzahl erhöhte sich im Gruppendurchschnitt um 0,35 Mill/µl. Bei allen Tieren konnte eine Erhöhung der mittleren Hämoglobinkonzentration um durchschnittlich 2,45 g/100ml festgestellt werden. Diese Veränderungen waren bei der statistischen Prüfung (Varianzanalyse) signifikant.

Blutwerte der einzelnen Versuche

In den folgenden Tabellen wurden die Durchschnittswerte der Vorperiode "V" den Durchschnittswerten der Hauptperiode "H" der einzelnen Versuchstiere gegenübergestellt. Die Veränderungen zwischen Vor- und Hauptperiode wurden mit Hilfe der Varinzanalyse überprüft. Soweit sich dabei statistisch gesicherte Veränderungen ergaben, sind diese vermerkt worden.

In den Tabellen wurden folgende Abkürzungen und Einheiten verwendet:

Hk = Hämatokrit (%)
Hb = Hämoglobin (g/100ml)
Ery = Erythrozytenzahl (Mill/µl)
MCHC = mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (g/100ml)
MCV = mittleres Erythrozytenvolumen (μm^3)
Leuko = Leukozytenzahl (pro µl)
Lac = L-Lactat (mmol/l)
Hst = Harnstoff (mmol/l)
Osmo = Osmolalität (mOsm/kg)
Cl = Chlorid (mmol/l)
Na = Natrium (mmol/l)
K = Kalium (mmol/l)
Ca = Calcium (mmol/l)
$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel der Werte der einzelnen Tiere
s = Standardabweichung
VK = Variationskoeffizient
↑ = Anstieg gegenüber der Vorperiode
↓ = Abfall gegenüber der Vorperiode
Signifikanz: * = $p < 0,05$
** = $p < 0,01$
*** = $p < 0,001$
n.s. = nicht signifikant
VT = Versuchstier
V = Vorperiode
H = Hauptperiode

Tabelle I: Blutwerte Versuch 1:

		VT 1	VT 2	VT 3	VT 4	VT 5	VT 6	n	$\bar{x}$	s	VK	Ver-änderung	Signifikanz
Hk	V	29,0	30,3	29,0	29,0	34,7	30,3	6	30,40	2,20	7,26	↑	**
	H	32,9	31,5	31,2	33,3	33,4	33,1		32,56	0,96	2,95		
Hb	V	7,73	7,60	7,60	7,87	9,60	8,20	6	8,10	0,77	9,46	↑	**
	H	9,97	8,97	9,03	9,58	9,86	9,43		9,47	0,41	4,36		
Ery	V	5,43	5,82	6,14	5,34	6,05	5,55	6	5,57	0,33	5,78	↑	**
	H	6,17	6,08	6,59	5,82	5,82	5,94		6,07	0,29	4,79		
MCHC	V	26,60	25,02	26,15	27,13	27,69	27,04	6	26,60	1,08	4,08	↑	**
	H	30,18	28,55	28,96	28,74	29,41	28,47		29,05	0,72	2,50		
MCV	V	53,33	52,11	47,25	54,32	57,27	54,64	6	53,15	3,42	6,44	↑	n.s.
	H	53,25	51,72	47,40	57,24	57,34	55,72		53,77	3,97	7,39		
Leuko	V	11722	12058	15996	12327	16107	10739	6	13158	2305	17,5	↑	**
	H	14428	13145	15542	14885	15685	18102		15298	1651	10,8		
Lac	V	1,60	1,37	1,63	1,79	1,40	2,05	6	1,64	0,25	15,49	↓	n.s.
	H	1,51	1,53	1,84	1,21	1,33	1,51		1,49	0,19	13,05		
Hst	V	4,11	4,18	5,00	4,38	4,50	5,74	6	4,65	0,63	13,64	↑	n.s.
	H	4,69	4,57	5,63	4,57	4,25	5,22		4,82	0,53	10,90		
Osmo	V	296,0	298,0	300,0	299,7	293,4	296,7	6	297,3	2,47	0,83	↓	**
	H	291,4	290,2	292,2	290,0	285,4	288,8		289,7	2,40	0,83		
Cl	V	99,6	97,7	98,6	100,4	99,0	95,5	6	98,5	1,54	1,56	↑	**
	H	105,0	104,4	102,6	104,6	102,4	102,0		103,5	1,31	1,26		
Na	V	142,1	138,8	140,1	141,9	140,5	141,1	6	140,7	1,23	0,87	↑	n.s.
	H	141,5	142,0	140,6	141,9	140,0	141,9		141,3	0,83	0,59		
K	V	4,28	4,39	4,39	4,26	4,88	4,54	6	4,46	0,13	2,95	↑	**
	H	4,60	4,61	5,25	4,68	4,84	4,82		4,80	0,24	5,04		
Ca	V	2,37	2,23	2,44	2,40	2,48	2,38	6	2,38	0,16	6,82	↑	**
	H	2,45	2,43	2,60	2,43	2,56	2,61		2,51	0,17	6,60		

Das mittlere Erythrozytenvolumen stieg im Durchschnitt um 0,62 μm^3, bei VT 1 und VT 2 sank es jedoch.
Die Leukozytenzahl sank bei 2 Versuchstieren. Im Gruppendurchschnitt jedoch erhöhte sich die Leukozytenzahl in der Hauptphase um 2.140/µl. Dieser Anstieg ist statistisch signifikant.
Der Lactatspiegel lag im Durchschnitt der 6 Tiere bei 1,64 mmol/l in der Vorperiode und bei 1,49 mmol/l in der Hauptperiode. Bei VT 2 und VT 3 erhöhte sich die Lactatkonzentration.
Der Serumharnstoffgehalt stieg im Gruppenmittel um 0,17 mmol/l. Er sank jedoch bei VT 5 und VT 6 geringfügig.
Die Serumosmolalität sank bei allen Versuchstieren; im Gruppendurchschnitt um 7,6 mOsm/kg. Dieser Abfall der Serumosmolalität ist statistisch signifikant.
Die Chloridkonzentration im Serum stieg bei allen Versuchstieren. Der Anstieg betrug durchschnittlich 4,98 mmol/l. Die Erhöhung ist statistisch signifikant.
Die Natriumkonzentration blieb bei VT 4 unverändert. Sie sank bei VT 1 und VT 5 unter den Wert der Vorperiode. Im Gesamtdurchschnitt stieg der Natriumspiegel geringfügig an.
Der Kaliumspiegel stieg in der Hauptperiode um durchschnittlich 0,34 mmol/l an. Lediglich bei VT 5 konnte ein geringfügiger Abfall festgestellt werden.
Der Serumcalciumspiegel stieg bei allen Tieren durchschnittlich um 0,13 mmol/l auf 2,51 mmol/l in der Hauptperiode. Auch dieser Anstieg ist statistisch signifikant.

Versuch 2: Flüssigfütterung: frische Molke-Schrotmischung; kaltes Futter und niedrige Umgebungstemperatur; rasche Umstellung.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 11,1 - 15,0 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 3 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Stoffwechselkäfige

Umgebungstemperatur:

Vorperiode: ø 20°C
Hauptperiode: 6 - 13°C

Bodentemperatur der Stoffwechselkäfige:

Vorperiode: ca 28°C
Hauptperiode: ca 10°C

Fütterung:

Vorperiode: Schrotmischung : Wasser = 1 : 3
Menge: nach Aufnahmevermögen
rasche Umstellung
Hauptperiode: Schrotmischung : frische Molke = 1 : 3
Menge: nach Aufnahmevermögen

Futtertemperatur:

Vorperiode: ø 18,5°C
Hauptperiode: ø 2,0°C

Futter-pH:

Vorperiode: ø 5,80
Hauptperiode: ø 4,56

Bemerkungen:

Die Umstellung von Flüssigfütterung mit Wasser auf Flüssigfütterung mit frischer Molke wurde schlagartig vorgenommen. Die für den gesamten Versuch benötigte Menge wurde 1. Tag vor Beginn der Hauptperiode in der Molkerei (Fa. Deller) frisch abgeholt.

Ein Drittel der Molke wurde mit Schrotmischung 1 : 1 verrührt und in Portionen eingefroren. Die restliche Molke wurde in einem Behälter bei 4°C gelagert. Vor der Fütterung wurden je sechs Portionen aufgetaut und mit der bei 4°C gelagerten Molke auf ein Mischungsverhältnis Schrotmischung : Molke von 1 : 3 gebracht. Die Futtertemperatur lag damit bei durchschnittlich 2°C. Bei der Umstellung wurden folgende Faktoren geändert: Futterzusammensetzung, Futtertemperatur, Umgebungs- und Bodentemperatur.

Ergebnisse:

Die Tiere nahmen die kalte Futtermischung (Schrot : Molke 1 : 3) rasch auf. Auch hier war während der Futteraufnahme Kältezittern zu beobachten. Im Verlauf dieses Versuches traten weder Erkrankungen der Atemwege noch Durchfall auf. In Tabelle II sind die Ergebnisse der durchgeführten Blutuntersuchungen wie bei Versuch 1 aufgeführt. Wenn sich zwischen Vor- und Hauptperiode statistisch gesicherte Veränderungen (Varianzanalyse) ergaben, sind diese der letzten Spalte zu entnehmen.

Der Hämatokritwert war in der Hauptperiode um 1,9 % höher als in der Vorperiode. Bei VT 7 sank der Hämatokrit geringfügig. Die Veränderung im Gruppendurchschnitt ist signifikant.
Der Hämoglobingehalt sank von 9,68 g/100ml in der Vorperiode auf 9,34 g/100ml in der Hauptperiode. Bei VT 11 stieg der Hämoglobingehalt um 0,04 g/100 ml gegenüber der Hauptperiode an.
Die Zahl der Erythrozyten /µl stieg bei allen Versuchstieren durchschnittlich um 0,37 Mill/µl. Dieser Anstieg erwies sich bei der statistischen Prüfung als signifikant.
Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Einzelerythrozyten sank von 29,6 g/100ml in der Vorperiode auf 26,65g/100ml in der Hauptperiode. Bei VT 7 blieb sie unverändert. Auch dieser Abfall erwies sich als nicht zufällig.

Tabelle II: Blutwerte Versuch 2:

		VT 7	VT 8	VT 9	VT 10	VT 11	VT 12	n	$\bar{x}$	s	VK	Ver-änderung	Signifikanz
Hk	V	34,3	32,7	31,5	33,0	31,8	33,0	6	32,7	0,99	3,05		
	H	34,0	35,8	32,6	34,0	35,5	35,8		34,6	1,29	3,75	↑	**
Hb	V	10,25	9,38	9,05	9,91	9,56	9,95	6	9,68	0,44	4,50		
	H	10,23	8,91	8,72	8,64	9,60	9,92		9,34	0,67	7,19	↓	n.s.
Ery	V	6,50	6,36	6,49	5,91	5,57	5,94	6	6,12	0,38	6,19		
	H	6,66	6,62	6,95	6,34	6,16	6,20		6,49	0,31	4,74	↑	**
MCHC	V	29,85	28,71	28,78	30,09	30,04	30,15	6	29,60	0,67	2,27		
	H	29,85	24,96	26,80	25,41	27,00	27,71		26,95	1,75	6,50	↓	**
MCV	V	52,86	51,37	48,56	55,77	57,11	55,55	6	53,54	3,22	6,00		
	H	51,51	54,07	46,98	53,63	57,53	54,23		52,99	3,52	6,65	↓	n.s.
Leuko	V	14420	13602	14028	11257	11915	14350	6	13262	1346	10,15		
	H	14650	15934	15671	12410	14187	16637		14915	1513	10,15	↑	**
Lac	V	2,15	1,72	2,08	1,38	1,51	1,58	6	1,74	0,31	18,02		
	H	1,56	1,56	2,18	1,99	1,51	1,47		1,71	0,30	17,38	↓	n.s.
Hst	V	3,82	3,53	3,89	3,19	3,09	4,69	6	3,70	0,58	15,72		
	H	3,84	5,04	6,02	5,15	4,27	4,18		4,75	0,81	16,95	↑	*
Osmo	V	292,7	291,7	291,3	291,0	290,0	293,0	6	291,6	1,11	0,38		
	H	302,3	301,2	313,0	305,0	302,2	300,4		304,0	4,67	1,54	↑	**
Cl	V	109,7	105,0	104,0	101,0	98,0	98,7	6	102,7	4,40	4,28		
	H	104,3	103,8	105,2	103,0	103,5	102,6		103,7	0,93	0,90	↑	n.s.
Na	V	140,2	143,5	137,8	138,5	138,4	141,3	6	139,9	2,18	1,56		
	H	148,3	146,1	144,5	146,9	143,7	144,9		145,7	1,69	1,15	↑	**
K	V	4,90	4,47	5,52	4,87	4,86	4,78	6	4,90	0,34	6,99		
	H	5,41	4,79	6,00	5,14	5,31	4,99		5,27	0,42	7,96	↑	**
Ca	V	2,36	2,47	2,59	2,37	2,57	2,53	6	2,48	0,10	4,00		
	H	2,77	2,67	2,73	2,37	2,73	2,78		2,67	0,15	5,78	↑	**

Das mittlere Erythrozytenvolumen sank im Durchschnitt um 0,55 μm^3, während bei VT 8 ein deutlicher Anstieg um 2,7 μm^3 festzustellen war. Auch bei VT 11 war ein Anstieg zu verzeichnen.

Die Leukozytenzahl stieg im Gruppendurchschnitt um 1653/µl. Sie stieg bei allen 6 Versuchstieren an. Der Unterschied ist signifikant.

Der Plasmalactatspiegel veränderte sich nur geringfügig. Er stieg bei VT 9 an und blieb bei VT 11 unverändert.

Die Serumharnstoffkonzentration stieg im Durchschnitt der 6 Tiere um 1,05 mmol/l an. Bei VT 12 war ein Absinken des Harnstoffgehaltes festzustellen. Der Anstieg der Harnstoffkonzentration im Gruppendurchschnitt erwies sich jedoch als signifikant.

Bei der Serumosmolalität konnte eine signifikante Zunahme bei allen Versuchstieren ermittelt werden. Der Anstieg betrug durchschnittlich 12,4 mOsm/kg.

Der Serumchloridspiegel verminderte sich bei VT 7 und VT 8. Bei den anderen Tieren stieg er an, im Durchschnitt um 1,0 mmol/l. Die Änderung der Chloridkonzentration ist nicht signifikant.

Die Natriumkonzentration im Serum stieg bei allen Versuchstieren signifikant an. Die durchschnittliche Erhöhung betrug 5,75 mmol/l.

Der Kaliumgehalt des Serums nahm bei allen Tieren durchschnittlich um 0,37 mmol/l zu. Dieser Anstieg erwies sich als signifikant.

Der Serumcalciumspiegel stieg im Gruppendurchschnitt um 0,20 mmol/l. Auch dieser Anstieg ist nach der Varianzanalyse signifikant.

Versuch 3: Flüssigfütterung: frische Molke - Schrotmischung; rasche Umstellung nach Nahrungskarenz auf kaltes Flüssigfutter bei niedrigen Umgebungstemperaturen.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 7,8 - 10,0 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 4 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Stoffwechselkäfige

Umgebungstemperatur:

Vorperiode: 20 - 24°C
Hauptperiode: 7 - 14°C

Bodentemperatur der Stoffwechselkäfige:

Vorperiode: ca 28°C
Hauptperiode: ca 12°C

Fütterung:

Vorperiode: pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter (Übersicht 1), Menge: nach Aufnahmevermögen, rasche Umstellung nach 1 Mahlzeit Karenz.
Hauptperiode: Schrotmischung : frische Molke 1 : 3 Menge: nach Aufnahmevermögen.

Futtertemperatur:

Vorperiode: ca 20°C
Hauptperiode: ca 3°C

Futter-pH:

Vorperiode: -
Hauptperiode: ∅ 4,74

Bemerkungen:

Um die Umstellung noch krasser zu gestalten, wurden die Ferkel in der Vorperiode mit pelletiertem Ferkelaufzuchtfutter gefüttert. Nach Auslassen einer Mahlzeit

wurde sofort kaltes Flüssigfutter auf Molkebasis verfüttert. Die Zubereitung erfolgte wie in Versuch 2 beschrieben.
Bei VT 13 mußte am 2.Tag der Hauptperiode ein neuer Venenkatheter implantiert werden, da der zuerst eingesetzte Katheter nicht mehr durchgängig war.

Im Zusammenhang mit der Umstellung wurden folgende Faktoren verändert: Futterzusammensetzung, Futterkonsistenz, Futtertemperatur, Umgebungs- und Bodentemperatur.

Ergebnisse:

Wie in den vorausgegangenen Versuchen trat trotz der einschneidenden Umstellungen kein Durchfall auf. Die Tiere nahmen das kalte Futter rasch und vollständig auf. Die Futteraufnahme war jedoch von deutlichem Kältezittern begleitet. Erkrankungen der Atemwege wurden nicht festgestellt.

Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen sind in Tabelle III aufgeführt. Die Veränderungen zwischen Vor- und Hauptperiode wurden mittels Varianzanalyse überprüft. Die letzte Spalte der Tabelle gibt Aufschluß darüber, ob die Veränderungen zufällig oder echt (signifikant) sind.

Der Hämatokritwert stieg im Gruppendurchschnitt nur um 0,11 %. Er sank bei VT 13 und VT 18 gegenüber der Vorperiode ab. Bei VT 16 ergaben sich keine Veränderungen der Hämatokritwerte.

Der Hämoglobingehalt sank bei allen Versuchstieren von durchschnittlich 10,14 g/100ml in der Vorperiode auf 9,84 g/100ml in der Hauptperiode. Diese Änderung erwies sich als signifikant.

Die Erythrozytenzahl änderte sich uneinheitlich: bei VT 14, VT 15 und VT 16 stieg sie geringfügig an, während sie bei den übrigen Versuchstieren sank.

Tabelle III: Blutwerte Versuch 3:

		VT 13	VT 14	VT 15	VT 16	VT 17	VT 18	n	$\bar{x}$	s	VK	Ver-änderung	Signifikanz
Hk	V	33,0	30,0	31,0	35,4	34,7	34,9	6	33,17	2,24	6,75		
	H	32,6	31,0	31,8	35,4	35,7	33,2		33,28	1,91	5,73	↑	n.s.
Hb	V	9,83	9,58	9,41	10,78	10,84	10,42	6	10,14	0,62	6,11		
	H	9,58	9,44	9,53	10,35	10,50	9,61		9,84	0,46	4,71	↓	n.s
Ery	V	6,61	5,77	5,77	5,81	6,28	6,24	6	6,08	0,35	5,74		
	H	5,95	5,90	5,84	5,88	6,25	6,01		5,97	0,15	2,49	↓	n.s.
MCHC	V	30,01	32,03	30,11	30,76	32,11	29,86	6	30,81	1,02	3,31		
	H	29,32	30,49	29,99	29,27	29,42	28,91		29,57	0,57	1,93	↓	xx
MCV	V	50,25	52,10	53,73	60,88	55,47	55,87	6	54,72	3,68	6,72		
	H	54,84	52,50	54,41	60,24	58,14	55,22		55,89	2,80	5,01	↑	n.s.
Leuko	V	17642	9027	7763	11358	13100	13038	6	11988	3502	29,2		
	H	18946	11855	8572	13008	13817	12071		13045	3400	26,1	↑	x
Lac	V	1,76	1,88	1,24	1,17	1,49	1,83	6	1,56	0,31	19,73		
	H	1,81	1,70	1,35	1,37	1,37	1,30		1,48	0,21	14,52	↓	n.s.
Hat	V	4,37	3,76	3,82	3,94	4,13	4,94	6	4,16	0,44	10,62		
	H	3,59	3,93	4,07	3,60	4,34	4,97		4,08	0,52	12,75	↓	n.s.
Osmo	V	290,0	288,3	284,5	280,0	292,0	285,8	6	286,8	4,29	1,50		
	H	299,0	306,2	296,0	295,6	290,4	292,6		296,6	5,54	1,87	↑	xx
Cl	V	106,0	104,5	107,2	105,7	102,5	103,3	6	104,9	1,78	1,68		
	H	104,5	104,6	103,8	104,8	101,8	101,8		103,5	1,40	1,35	↓	n.s.
Na	V	143,5	143,0	142,0	142,8	143,5	143,4	6	143,0	0,57	0,40		
	H	148,7	148,8	147,5	148,9	148,0	147,3		148,2	0,70	0,47	↑	xx
K	V	4,05	4,42	4,26	3,99	3,82	3,92	6	4,08	0,22	5,48		
	H	5,22	4,81	4,81	5,18	4,90	5,28		5,03	0,22	4,31	↑	xx
Ca	V	2,26	2,41	2,32	2,34	2,60	2,52	6	2,41	0,13	5,37		
	H	2,63	2,79	2,73	2,73	2,65	2,70		2,71	0,06	2,17	↑	xx

Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten fiel bei allen Tieren von durchschnittlich 30,81 g/100ml auf 29,57 g/100ml. Der Unterschied zwischen Vor- und Hauptperiode ist signifikant.

Das mittlere Erythrozytenvolumen erhöhte sich in der Hauptphase um durchschnittlich 1,17 μm^3. Die deutlichsten Veränderungen wurden bei VT 13 und VT 17 ermittelt. Bei VT 16 und VT 18 sank das mittlere Erythrozytenvolumen geringfügig.

Die durchschnittliche Leukozytenzahl der Gruppe stieg von 11988/µl auf 13045/µl. VT 15 hatte in der Vorperiode eine durchschnittliche Leukozytenzahl von 7768/µl und in der Hauptperiode von 8572/µl. Die Leukozytenzahl dieses Tieres lag während des ganzen Versuches unter 10000/µl.

Der Lactatspiegel im Plasma sank im Gruppendurchschnitt um 0,53 mmol/l. Lediglich bei VT 13 stieg er um 0,05 mmol/l.

Die Serumharnstoffkonzentration änderte sich unterschiedlich. Bei vier Versuchstieren stieg sie an, während es bei zwei Tieren zu einer Senkung des Harnstoffspiegels kam. Im Gesamtdurchschnitt fiel er von 4,16 mmol/l auf 4,08 mmol/l.

Die Serumosmolalität stieg gegenüber der Vorperiode signifikant an. Im Durchschnitt der 6 Tiere nahm die Osmolalität um 9,8 mOsm/kg zu.

Die Chloridkonzentration im Serum sank von 104,9 mmol/l auf 103,5 mmol/l. Bei VT 14 blieb sie nahezu gleich.

Bei der Serumnatriumkonzentration war bei allen Tieren ein signifikanter Anstieg um durchschnittlich 5,17 mmol/l festzustellen.

Auch die Kaliumwerte zeigten eine signifikante Erhöhung. Der Serumkaliumspiegel stieg von durchschnittlich 4,08 mmol/l in der Vorperiode auf 5,03 mmol/l in der Hauptperiode.

Die Serumcalciumwerte nahmen bei allen Versuchstieren um durchschnittlich 0,30 mmol/l zu. Nach der statistischen Prüfung ist dieser Anstieg signifikant.

Versuch 4: Flüssigfütterung mit 5Tage alter, offen bei Zimmertemperatur gelagerter Molke : Schrotmischung; rasche Umstellung nach Nahrungskarenz; kühlere Umgebung.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 8,4 - 11,1 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 3 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Stoffwechselkäfige

Umgebungstemperatur:
Vorperiode: 26 - 29°C
Hauptperiode: 16 - 20°C

Bodentemperatur der Stoffwechselkäfige:
Vorperiode: ca 28°C
Hauptperiode: ca 15°C

Fütterung:
Vorperiode: pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter (Übersicht 1) Menge: nach Aufnahmevermögen, rasche Umstellung nach Nahrungskarenz.
Hauptperiode: Schrotmischung : "verdorbene" Molke 1 : 3, Menge: nach Aufnahmevermögen.

Futtertemperatur:
Vorperiode: ca 18°C
Hauptperiode: ca 18°C

Futter-pH:
Vorperiode: -
Hauptperiode: ø 4,57

Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung der Molke:

Molke frisch: Mischflora (Schimmelpilze, Hefen, Laktose-negative Enterobakterien, Pseudomonas spezies)

Molke 5 Tage alt: Hefen: Candida krusei (Durchfallerreger bei Ferkeln)

Molke 8 Tage alt: Hefen: Candida pseudotropicalis

Bemerkungen:

In der 3-tägigen Vorperiode erhielten die Ferkel ein pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter. Die Futtermenge wurde nach dem Aufnahmevermögen der Tiere bemessen. Nach einer Mahlzeit Futterentzug wurde auf Flüssigfütterung mit"verdorbener" Molke umgestellt. Gleichzeitig wurden die Ferkel in den Stoffwechselkäfigen in einen kühleren Raum verbracht.

Zwei Tage vor Versuchsbeginn wurde die notwendige Menge Molke bei der Molkerei geholt und bis zur Verfütterung bei Zimmertemperatur offen in einem Bottich gelagert. Zu Beginn der Hauptperiode war die Molke 5 Tage alt. Auf der Oberfläche war ein weißer schimmelpilzartiger Belag festzustellen. Vor der Verfütterung wurde kräftig umgerührt und 1 Teil Schrotmischung mit 3 Teilen dieser "verdorbenen" Molke gemischt und anschließend der pH-Wert gemessen. Diese Futterzusammensetzung wurde bis Versuchsende beibehalten.

Im Zuge der Umstellung wurden folgende Faktoren verändert: Futterkonsistenz, Futterzusammensetzung, Futterqualität, Umgebungs- und Bodentemperatur.

Ergebnisse:

Die Tiere nahmen das vorgelegte Flüssigfutter rasch und vollständig auf. Eine Veränderung der Kotkonsistenz konnte nicht festgestellt werden. Das Allgemeinbefinden der Tiere war ungestört.

Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen sind in Tabelle IV zusammengestellt. Soweit sich statistisch gesicherte Veränderungen ergaben, sind diese in der Tabelle vermerkt.

Tabelle IV: Blutwerte Versuch 4:

		VT 19	VT 20	VT 21	VT 22	VT 23	VT 24	n	$\bar{x}$	s	VK	Veränderung	Signifikanz
Hk	V	31,3	30,6	31,0	34,0	34,0	31,3	6	32,00	1,55	4,83	↑	xx
	H	33,3	32,9	29,3	31,3	37,1	34,9		33,13	2,72	8,21		
Hb	V	9,63	9,79	9,62	10,31	10,27	9,38	6	9,83	0,38	3,84	↓	xx
	H	9,54	9,51	8,93	9,23	10,21	9,67		9,52	0,43	4,53		
Ery	V	5,71	5,96	5,81	5,74	6,04	5,61	6	5,81	0,16	2,78	↑	x
	H	6,01	6,42	5,39	5,31	6,63	6,15		5,99	0,54	8,97		
MCHC	V	30,80	31,97	31,06	30,30	30,21	29,98	6	30,72	0,73	2,38	↓	xx
	H	28,65	28,91	30,55	29,59	27,59	27,39		28,78	1,20	4,16		
MCV	V	54,89	51,40	53,37	59,27	56,27	55,85	6	55,18	2,68	4,86	↑	n.s.
	H	55,55	51,26	54,46	59,02	55,99	56,97		55,54	2,60	4,68		
Leuko	V	17191	10860	8491	14128	14392	11635	6	12783	3075	24,05	-	n.s.
	H	19248	9840	8222	10961	15177	13163		12769	4011	31,41		
Lac	V	1,99	1,66	1,89	1,26	1,55	1,47	6	1,64	0,27	16,52	↑	n.s.
	H	2,05	1,94	1,85	1,57	2,04	1,65		1,85	0,20	10,88		
Hst	V	4,83	6,05	5,82	5,30	5,59	6,46	6	5,68	0,57	10,08	↓	x
	H	3,90	3,51	4,82	5,21	5,15	5,18		4,63	0,74	15,97		
Osmo	V	299,6	294,3	300,3	300,0	294,0	293,0	6	296,9	3,43	1,16	↓	n.s.
	H	294,8	297,0	294,8	291,3	295,4	295,0		294,7	1,87	0,63		
Cl	V	104,6	104,6	103,6	103,0	102,0	102,7	6	103,4	1,05	1,02	-	n.s.
	H	103,4	105,8	104,3	102,3	103,2	102,4		103,6	1,32	1,27		
Na	V	146,2	143,4	146,3	145,8	145,0	144,0	6	145,1	1,20	0,83	↓	n.s.
	H	145,5	145,2	143,6	142,5	144,7	143,8		144,2	1,13	0,78		
K	V	4,12	4,25	4,45	4,49	4,24	4,11	6	4,28	0,16	3,77	↑	xx
	H	4,73	4,99	4,91	4,75	5,09	5,06		4,92	0,15	3,13		
Ca	V	2,40	2,51	2,52	2,59	2,54	2,50	6	2,51	0,06	2,49	↑	xx
	H	2,89	2,82	2,69	2,63	2,77	2,76		2,76	0,09	3,34		

Im Gruppendurchschnitt erhöhte sich der Hämatokritwert um 1,13 %. Diese Erhöhung erwies sich als signifikant (Varianzanalyse). Jedoch konnte bei VT 21 und VT 22 ein geringfügiges Absinken des Hämatokrits festgestellt werden.

Der Hämoglobingehalt sank in der Hauptperiode bei allen Tieren im Durchschnitt um 0,31 g/100ml gegenüber der Vorperiode ab.

Die Erythrozytenzahl stieg in der Hauptperiode geringfügig an. Bei VT 21 und VT 22 war jedoch eine Verminderung der Erythrozytenzahl zu beobachten.

Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten sank bei allen Versuchstieren signifikant ab. Im Gruppendurchschnitt betrug der Abfall 1,94 g/100ml.

Beim mittleren Erythrozytenvolumen traten nur geringe Veränderungen auf. Bei 3 Tieren sank das Erythrozytenvolumen, während es bei den anderen 3 Tieren zu einer geringfügigen Erhöhung kam.

Die Leukozytenzahl veränderte sich im Durchschnitt kaum. Bei VT 19, VT 23 und VT 24 stieg die Zahl der Leukozyten, während sie bei den anderen zurückging.

Der Plasma-Lactatspiegel stieg im Gruppendurchschnitt um 0,21 mmol/l. Bei VT 21 sank dagegen die Lactatkonzentration geringfügig.

Die Serumharnstoffkonzentration sank bei allen Tieren durchschnittlich um 1,05 mmol/l. Diese Veränderung ist nach der Varianzanalyse signifikant.

Die Osmolalität des Serums sank im Durchschnitt um 2,2 mOsm/kg. Bei VT 20 jedoch wurde ein deutlicher Anstieg um 2,7 mOsm/kg gemessen. Ebenso stieg bei VT 23 u. VT 24 die Serumosmolalität an.

Die Chloridkonzentration im Serum veränderte sich nur unwesentlich.

Der durchschnittliche Natriumgehalt im Serum änderte sich gegenüber der Vorperiode in der Hauptperiode kaum. Er sank von 145,1 mmol/l auf 144,2 mmol/l. Bei VT 20 stieg die Natriumkonzentration um 1,8 mmol/l an.

Beim Kaliumgehalt im Serum war bei allen Tieren in der Hauptperiode eine Erhöhung festzustellen. Der Anstieg, durchschnittlich um 0,64 mmol/l, ist statistisch signifikant.

Der Serumcalciumspiegel stieg bei allen Versuchstieren signifikant an. Die Erhöhung betrug durchschnittlich 0,25 mmol/l.

Versuch 5: Flüssigfütterung mit 5 Tage alter offen gelagerter Molke : Schrotmischung. Rasche Umstellung nach 24 Stunden Nahrungskarenz.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 9,4 - 13,2 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 4 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Sammelbox mit wenig Einstreu

Umgebungstemperatur:
Vorperiode: 18 - 22°C
Hauptperiode: 18 - 22°C

Fütterung:
Vorperiode: pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter Menge: nach Aufnahmevermögen, Umstellung nach 24 Stunden Nahrungskarenz.
Hauptperiode: Schrotmischung : "verdorbene" Molke 1 : 3, Menge: nach Aufnahmevermögen.

Futtertemperatur:
Hauptperiode: ca 18°C

Futter-pH:
Vorperiode: -
Hauptperiode: ø 4,48

Bemerkungen:
Um die Isolation der Tiere durch die Einzelhaltung in den Stoffwechselkäfigen zu vermeiden, wurden die 6 Tiere in einer gemeinsamen Box gehalten. Dabei sollte durch die gemeinsame Fütterung zusätzlicher Streß beim Kampf um den Freßplatz verursacht werden. Bei der Haltung in einer Gemeinschaftsbox konnten intravenöse Verweilkatheter zur Blutentnahme nicht verwendet werden. Das für die Untersuchung benötigte Blut wurde am 3.Tag der Vorperiode und am letzten Tag der Hauptperiode durch Punktion entnommen.

Das Flüssigfutter wurde wie bei Versuch 4 beschrieben hergestellt. Auch hier ergab die mikrobiologische Untersuchung der Molke einen starken Gehalt an Hefen; vor allem Candida pseudotropicalis. Das Futter wurde in einem langen Steinguttrog, der jedem Tier genügend Freßplatz bot, verabreicht. Trinkwasser stand in einem anderen Trog ständig zur Verfügung.
Bei diesem Versuch wurden folgende ungünstige Faktoren geschaffen: Abrupter Futterwechsel nach 24 Stunden Nahrungskarenz, Überfütterung mit "verdorbenem" Flüssigfutter, zusätzlicher Streß bei der Futteraufnahme durch Platzkämpfe und dadurch noch schnellere Futteraufnahme, gegenseitiger Kontakt der Tiere und intensiver Kotkontakt.

Ergebnisse:

Bei jeder Fütterung kam es zu Raufereien um die Freßplätze. Obwohl hier die Tiere das Futter noch hastiger als bei Einzelhaltung aufnahmen, traten keine Verdauungsstörungen auf.
Da auch hier kein Durchfall auftrat wurde nur am letzten Tag der Hauptperiode nochmals Blut entnommen. Eine statistische Prüfung der Veränderungen zwischen Vor- und Hauptperiode konnte wegen des geringen Probenumfanges nicht vorgenommen werden.
Ein deutlicher Anstieg gegenüber den Blutwerten der Vorperiode konnte nur bei der Leukozytenzahl (um durchschnittlich 5.000/ul) und bei der Osmolalität (um durchschnittlich 14 mOsm/kg) festgestellt werden.

Versuch 6: Flüssigfütterung mit dicksaurer Magermilch, 7 Tage alt, ohne Zusatz von Säureweckern, gelagert : Schrotmischung; normale Umgebungstemperaturen.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 7,8 - 9,5 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 5 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Stoffwechselkäfige

Umgebungstemperatur:
Vorperiode: 20 - 24°C
Hauptperiode: 19 - 23°C

Bodentemperatur der Stoffwechselkäfige:
Vor- und Hauptperiode: ca 18°C

Fütterung:
Vorperiode: pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter
Menge: nach Aufnahmevermögen, rasche Umstellung
Hauptperiode: Schrotmischung : dicksaure Magermilch 1 : 3

Futtertemperatur:
Vorperiode: -
Hauptperiode: 20°C

Futter-pH:
Vorperiode: -
Hauptperiode: ∅ 4,54

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Magermilch:
Magermilch frisch: Mikrokokken
Gram-negative Stäbchen, keine Enterobakterien, aerobe Sporenbildner
Magermilch 7 Tage alt: Mischflora: E. coli
anhaemolytische Streptokokken
Hefen: Endomyces lactis
Candida pseudotropicalis

Bemerkungen:

Bei diesem Versuch wurde dicksaure, 7 Tage lang bei 22°C gelagerte, Magermilch mit Schrotmischung 3 : 1 verfüttert.
Die für diesen Versuch notwendige Menge Magermilch wurde 7 Tage vor Beginn der Hauptperiode frisch in der Molkerei geholt und offen in einem Behälter gelagert. Nach 3 Tagen dickte die Magermilch ohne Zusatz von Säureweckern ein. Auf der Oberfläche bildete sich ein weißer schaumiger Belag. Vor der Verfütterung wurde kräftig umgerührt und die jeweils notwendige Menge entnommen.
Bei VT 26 mußte am 1. Tag der Hauptperiode der Katheter etwas gezogen werden, da er nicht mehr durchgängig war.

Im Zusammenhang mit der Umstellung wurden folgende Faktoren geändert: Futterkonsistenz, Futterqualität und Futterzusammensetzung.

Ergebnisse:

Trotz der Verfütterung von bakteriell kontaminierter Magermilch konnte kein Durchfall ausgelöst werden. Die Tiere nahmen das Flüssigfutter gerne und rasch auf.
Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen sind in Tabelle V zusammengestellt. Die Veränderungen zwischen Vor- und Hauptperiode wurden statistisch überprüft (Varianzanalyse).

Im Durchschnitt der Gruppe konnte in der Hauptperiode ein niedrigerer Hämatokritwert festgestellt werden. Obwohl bei VT 27 und VT 28 ein Anstieg des Hämatokritwertes auftrat, sank er im Durchschnitt um 1,2 %. Diese Veränderung ist signifikant.
Ebenso sank der Hämoglobingehalt im Durchschnitt von 9,10 g/100ml in der Vorperiode auf 8,57 g/100ml in der Hauptperiode. Bei VT 28 stieg der Hämoglobingehalt um 0,10 g/100ml.
Auch bei der Erythrozytenzahl konnte eine signifikante Verminderung festgestellt werden. Die deutlichsten Veränderungen traten bei VT 25, VT 26 und VT 30 auf. Bei VT 27 und VT 28 war sogar ein geringgradiger Anstieg zu verzeichnen.

Tabelle V: Blutwerte Versuch 6:

		VT 25	VT 26	VT 27	VT 28	VT 29	VT 30	n	$\bar{x}$	s	VK	Ver-änderung	Signifikanz
Hk	V	31,7	31,0	27,2	27,6	28,6	30,4	6	29,4	1,87	6,37		
	H	28,3	27,7	28,1	28,5	28,4	28,2		28,2	0,28	1,00	↓	xx
Hb	V	9,49	9,47	8,70	8,42	8,94	9,55	6	9,10	0,48	5,25		
	H	8,67	8,51	8,43	8,52	8,58	8,70		8,57	0,10	1,20	↓	xx
Ery	V	6,10	6,02	4,95	4,84	5,00	6,34	6	5,54	0,68	12,27		
	H	5,41	5,28	5,01	4,95	4,99	5,74		5,23	0,31	5,92	↓	xx
MCHC	V	30,07	30,67	32,02	30,53	31,29	31,48	6	31,01	0,71	2,30		
	H	30,62	30,73	29,99	29,94	30,21	31,20		30,45	0,49	1,61	↓	n.s.
MCV	V	52,04	51,49	54,99	57,07	57,24	47,91	6	53,46	3,64	6,81		
	H	52,37	52,46	56,07	57,56	56,90	49,11		54,08	3,29	6,09	↑	n.s.
Leuko	V	16308	16587	12667	23282	15554	16833	6	16872	3490	20,68		
	H	14183	17588	13046	25700	15482	15795		16966	4546	26,80	-	n.s.
Lac	V	1,54	1,20	1,48	1,20	1,40	1,49	6	1,39	0,15	10,81		
	H	1,31	1,39	1,50	1,65	1,56	2,10		1,59	0,28	17,58	↑	x
Hst	V	4,28	3,90	4,12	4,30	4,08	4,09	6	4,13	0,15	3,56		
	H	3,97	4,08	3,64	3,98	3,53	3,44		3,77	0,27	7,15	↓	x
Osmo	V	289,2	282,3	289,2	290,4	292,0	285,2	6	288,1	3,60	1,25		
	H	282,4	291,0	287,0	293,2	291,2	293,6		289,7	4,29	1,48	↑	n.s.
Cl	V	95,6	94,7	96,8	96,6	95,4	96,0	6	95,9	0,77	0,80		
	H	97,0	98,4	98,4	95,4	95,6	96,4		96,9	1,32	1,36	↑	n.s.
Na	V	142,0	141,2	143,9	146,2	144,8	143,7	6	143,6	1,82	1,26		
	H	142,1	144,8	146,1	146,9	146,1	147,0		145,5	1,84	1,27	↑	n.s.
K	V	4,32	4,09	4,00	3,83	4,11	3,88	6	4,04	0,18	4,38		
	H	4,41	4,23	4,40	4,17	4,05	4,21		4,25	0,14	3,26	↑	xx
Ca	V	2,48	2,58	2,41	2,55	2,37	2,67	6	2,51	0,11	4,45		
	H	2,62	2,83	2,86	2,95	2,84	2,99		2,84	0,13	4,55	↑	xx

Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten lag in der Vorperiode bei 31,01 g/100 ml und sank in der Hauptperiode auf 30,45 g/100 ml. Bei VT 25 und VT 26 stieg sie jedoch geringfügig an.
Das mittlere Erythrozytenvolumen stieg in der Hauptphase um 0,62 μm^3. Bei VT 29 kam es zu einem geringen Abfall des Erythrozytenvolumens.
Die durchschnittliche Leukozytenzahl der Gruppe blieb in der Hauptperiode annähernd gleich. Dabei wies VT 28 sowohl in der Vorperiode, als auch in der Hauptphase relativ hohe Leukozytenzahlen von 23.282/µl bzw. 25.700/µl auf.
Die Plasmalactatkonzentration stieg im Gruppendurchschnitt signifikant an. Am deutlichsten war die Veränderung bei VT 30.
Die Serumharnstoffkonzentration betrug in der Vorperiode durchschnittlich 4,13 mmol/l. Sie sank in der Hauptperiode auf durchschnittlich 3,77 mmol/l. Lediglich bei VT 26 konnte ein Anstieg des Harnstoffwertes beobachtet werden.

Die durchschnittliche Serumosmolalität veränderte sich nur wenig. Sie erhöhte sich in der Hauptperiode um 1,6 mOsm/kg. Bei VT 26 und VT 30 war der Anstieg jedoch deutlicher.
Die Chloridkonzentration blieb nahezu unverändert. Sie stieg nur um 1,0 mmol/l im Gruppendurchschnitt.

Auch der Natriumspiegel des Serums stieg nur unwesentlich, von 143,6 mmol/l auf 145,5 mmol/l.
Bei allen Versuchstieren kam es zu einer Erhöhung der Kaliumkonzentration im Serum. Der Anstieg um durchschnittlich 0,21 mmol/l ist nach der Varianzanalyse signifikant.
Die Calciumkonzentration im Serum stieg ebenfalls signifikant an. Die durchschnittliche Veränderung betrug 0,33 mmol/l.

Versuch 7: Flüssigfütterung mit ansaurer Magermilch : Schrotmischung bei normalen Umgebungstemperaturen.

Zahl der Versuchstiere: 6

Gewicht bei Versuchsbeginn: 10,5 - 12,8 kg

Versuchsdauer: Vorperiode 3 Tage, Hauptperiode 5 Tage

Haltung: Stoffwechselkäfige

Umgebungstemperatur:
Vorperiode: 18 - 22°C
Hauptperiode: 18 - 22°C

Bodentemperatur der Stoffwechselkäfige:
Vorperiode: 16 - 18°C
Hauptperiode: 16 - 18°C

Fütterung:
Vorperiode: pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter
Menge: nach Aufnahmevermögen, rasche Umstellung.
Hauptperiode: Schrotmischung : ansaure Magermilch 1 : 3, Menge: nach Aufnahmevermögen.

Futtertemperatur:
Vorperiode: -
Hauptperiode: 18°C

Futter-pH:
Vorperiode: -
Hauptperiode: ø 4,80

Bemerkungen:
Im Gegensatz zu Versuch 6 wurde die Magermilch jetzt ansauer verfüttert. Dazu wurde die notwendige Menge Magermilch jeweils 2 Tage vor der Verfütterung frisch in der Molkerei geholt. Während der Lagerung bei Zimmertemperatur in einem offenen Behälter wurde täglich 2 x täglich der pH-Wert gemessen. Nach 48 Stunden trat bei dieser Lagerungsart ein deutlicher pH-Wertabfall auf, und nach 72 Stunden kam es zur selbständigen Eindickung der Magermilch.

Eingedickte Magermilch wurde zur Fütterung nicht mehr verwendet. Zur Verfütterung gelangte nur Magermilch, die 48 Stunden gelagert wurde und damit als ansauer anzusehen war.
Die frische, gekühlte Magermilch wies einen pH-Wert von ø 6,73 auf. Die ansaure Magermilch hatte einen durchschnittlichen pH-Wert von etwa 5,60. Der pH-Wert des angerührten Flüssigfutters lag bei ø 4,80.

VT 32 und VT 35 mußten am 1.Tag der Vorperiode erneut operiert werden, da sie sich die Katheter bei Ausbruchversuchen aus den Stoffwechselkäfigen selbst herausgezogen hatten.

Ergebnisse:

Auch bei der Verfütterung von ansaurer Magermilch, als Bestandteil der Flüssigfütterung, trat bei keinem der 6 Versuchstiere Durchfall auf. Die Futteraufnahme und das Allgemeinbefinden der Tiere waren ungestört.

Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen sind in Tabelle VI aufgeführt. Die Veränderungen zwischen Vor- und Hauptperiode wurden statistisch überprüft (Varianzanalyse).

Beim Hämatokritwert kam es zu keinen nennenswerten Veränderungen. Im Gruppendurchschnitt sank der Hämatokrit von 30,8 % auf 30,5 %.

Der Hämoglobingehalt sank bei 5 Tieren leicht ab, bei VT 31 blieb er unverändert. Aufgrund der geringen Schwankungsbreite ($s = 0,38$ bzw. 0,32) ist jedoch der Abfall um 0,39 g/100ml als statistisch signifikant ($p < 0,05$) zu betrachten.

Die Erythrozytenzahl blieb in der Hauptperiode nahezu auf dem gleichen Niveau wie in der Vorperiode.

Auch die Veränderungen bei MCHC und MCV waren sehr gering.

Tabelle VI: Blutwerte Versuch 7:

		VT 31	VT 32	VT 33	VT 34	VT 35	VT 36	n	$\bar{x}$	s	VK	Ver-änderung	Signifikanz
Hk	V	30,0	31,0	29,6	33,3	30,5	30,3	6	30,8	1,32	4,28	-	n.s.
	H	30,5	30,5	30,4	32,1	30,6	29,2		30,5	0,92	3,03		
Hb	V	9,66	10,16	9,32	10,39	10,09	9,92	6	9,92	0,38	3,86	↓	xx
	H	9,66	9,39	9,21	10,04	9,68	9,20		9,53	0,32	3,41		
Ery	V	5,65	5,61	5,20	5,68	5,39	5,98	6	5,59	0,27	4,77	-	n.s.
	H	5,63	5,48	5,35	5,46	5,34	5,74		5,50	0,15	2,87		
MCHC	V	32,20	32,77	31,41	31,17	33,08	32,68	6	32,22	0,77	2,41	↓	n.s.
	H	31,73	30,81	30,42	31,35	31,70	31,52		31,25	0,53	1,69		
MCV	V	53,15	55,30	57,04	58,70	56,58	50,79	6	55,26	2,87	5,19	↑	n.s.
	H	54,19	55,81	56,73	58,78	57,29	50,84		55,60	2,79	5,02		
Leuko	V	14845	15574	11129	20407	14915	16061	6	15489	2976	19,21	↑	n.s.
	H	18174	14055	13618	22493	13842	16000		16364	3470	21,20		
Lac	V	1,45	0,97	1,88	1,93	1,23	1,26	6	1,45	0,38	26,35	↓	n.s.
	H	1,18	1,05	1,71	1,61	1,32	1,42		1,38	0,25	18,21		
Hst	V	4,08	4,00	3,66	3,55	3,75	4,64	6	3,95	0,39	9,99	↑	n.s.
	H	3,58	3,59	4,13	4,32	4,16	4,23		4,00	0,33	8,23		
Osmo	V	284,5	287,0	284,6	295,0	288,5	294,3	6	288,9	4,64	1,60	↑	x
	H	288,2	289,6	293,0	296,2	289,2	291,5		291,3	2,96	1,02		
Cl	V	94,0	96,0	99,7	95,0	95,0	99,0	6	96,5	2,34	2,43	↓	n.s.
	H	96,0	96,4	96,2	95,2	95,6	94,8		95,7	0,62	0,64		
Na	V	141,2	141,7	144,1	146,7	139,7	144,6	6	143,0	2,58	1,80	↑	xx
	H	145,7	146,6	147,3	147,5	145,1	145,1		146,2	1,07	0,73		
K	V	4,25	3,99	4,35	4,32	4,15	4,01	6	4,18	0,15	3,69	↑	xx
	H	4,49	4,30	4,47	4,60	4,53	4,74		4,52	0,14	3,23		
Ca	V	2,43	2,60	2,49	2,63	2,48	2,68	6	2,55	0,10	3,87	↑	xx
	H	2,72	2,76	2,81	2,79	2,73	2,89		2,78	0,06	2,25		

Die Leukozytenzahl stieg im Gruppendurchschnitt von 15.489/µl auf 16.364/µl. Bei VT 32 und VT 35 sank die Leukozytenzahl geringfügig. Die deutlichste Veränderung trat bei VT 31 auf, hier stieg die Leukozytenzahl um 3.329/µl an.

Der Plasmalactatspiegel sank im Durchschnitt der Gruppe um 0,07 mmol/l. Bei VT 32 jedoch stieg die Lactatkonzentration um 0,08 mmol/l an.

Geringe Veränderungen gab es auch bei der Harnstoffkonzentration im Serum. Bei drei Tieren sank der Harnstoffspiegel, während die anderen drei Tiere eine Erhöhung aufwiesen. Im Durchschnitt stieg der Harnstoffgehalt um 0,05 mmol/l an.

Die Serumosmolalität stieg im Gruppendurchschnitt um 2,4 mOsm/kg. Bei VT 36 sank jedoch die Osmolalität um 2,8 mOsm/kg gegenüber dem Wert der Vorperiode ab. Bei der statistischen Prüfung erwies sich der Anstieg im Gruppenmittel als signifikant ($p < 0,05$).

Die Chloridkonzentration im Serum veränderte sich im Durchschnitt nur unwesentlich. Bei 4 der 6 Versuchstiere konnte ein minimaler Anstieg festgestellt werden.

Ein signifikanter Anstieg gegenüber der Vorperiode konnte bei der Natriumkonzentration beobachtet werden. Der Natriumspiegel erhöhte sich bei allen Versuchstieren, im Mittel um 3,2 mmol/l, am deutlichsten bei VT 35.

Der Kaliumspiegel stieg im Gruppendurchschnitt um 0,34 mmol/l. Ebenso stieg bei allen Versuchstieren die Calciumkonzentration im Serum durchschnittlich um 0,23 mmol/l signifikant an.

3.2.3. Vergleich der Blutwerte zwischen den Versuchen

Mit Hilfe der Varianzanalyse und des Multiple Range Testes (Scheffe'Verfahren) wurden die Mittelwerte der Hauptperiode auf signifikante Unterschiede **zwischen** den Versuchen untersucht. Die Mittelwerte der Vor- und Hauptperiode aller Versuche sind in Tabelle VII zusammengefaßt.

Hämatokrit

Bei allen Versuchen, die in kühlerer Umgebung durchgeführt wurden, waren die durchschnittlichen Hämatokritwerte signifikant ($p < 0,001$) höher als bei den Versuchen mit normalen Umgebungstemperaturen.

Bei den Versuchen, bei denen kaltes Flüssigfutter verabreicht wurde, konnten signifikant ($p < 0,001$) höhere Hämatokritwerte ermittelt werden als bei den Versuchen, bei denen temperiertes Flüssigfutter angeboten wurde. Dieser Unterschied bestätigte sich jedoch nicht beim Vergleich mit Versuch 4, bei dem zwar warmes Futter, aber bei niedrigeren Umgebungstemperaturen gefüttert wurde.

Hämoglobin

Der durchschnittliche Hämoglobingehalt lag bei den Versuchen in kälterer Umgebung signifikant ($p < 0,001$) höher als bei den Versuchen in warmer Umgebung. Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich beim Vergleich der Versuche mit kalter Umgebung und dem Versuch 7 (ansaure Magermilch).

Die Versuchsgruppen, die kaltes Flüssigfutter erhielten, wiesen signifikant höhere durchschnittliche Hämoglobinwerte auf als die Versuchsgruppen, die mit normal temperiertem Flüssigfutter gefüttert wurden.

Erythrozyten

Die durchschnittliche Erythrozytenzahl war bei allen Versuchen, die in kalter Umgebung durchgeführt wurden, signifikant höher als bei den Versuchen in warmer Umgebung.

Tabelle VII: Mittelwerte von Vor- und Hauptperiode aller Versuche:

		Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5 x	Versuch 6	Versuch 7	Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchen mit p <0,001
Hk	V	30,4 ••	32,7 ••	33,17	32,0 ••	33,0	29,4 ••	30,8	1–2, 1–6, 1–7, 2–6, 2–7, 3–6, 3–7,
	H	32,5	34,6	33,28	33,13	34,6	28,2	30,5	4–6, 4–7, 6–7
Hb	V	8,10 ••	9,68	10,14	9,83 ••	9,59	9,10 ••	9,92 ••	1–6, 2–6, 3–6, 4–6, 7–6
	H	9,47	9,34	9,86	9,52	10,23	8,57	9,53	
Ery	V	5,57 ••	6,12 ••	6,08	5,81 •	5,50	5,54 ••	5,59	1–6, 1–7, 2–3, 2–4, 2–6, 2–7, 3–6,
	H	6,07	6,49	5,97	5,99	6,60	5,23	5,50	3–7, 4–6, 4–7
MCHC	V	26,60 ••	29,60 ••	30,81 ••	30,72 ••	29,13	31,01	32,22	1–2, 1–7, 2–3, 2–6, 2–7, 3–7, 4–6,
	H	29,05	26,95	29,57	28,78	29,53	30,45	31,25	4–7
MCV	V	53,17	53,54	54,72	55,18	60,25	53,46	55,26	-
	H	53,77	52,99	55,89	55,54	52,35	54,08	55,60	
Leuko	V	13158 ••	13262 ••	11988 •	12783	12689	16872	15489	-
	H	15298	14915	13045	12769	17244	16966	16364	
Lac	V	1,64	1,74	1,56	1,64	-	1,39 •	1,45	1–4, 3–4, 4–7
	H	1,49	1,71	1,48	1,85	-	1,59	1,38	
Hst	V	4,65	3,70 •	4,16	5,68 •-	4,96	4,13 •	3,95	-
	H	4,82	4,75	4,08	4,63	4,34	3,77	4,00	
Osmo	V	297,3 ••	291,6 ••	286,8 ••	296,9	296,8	288,1	288,9 •	1–2, 1–3, 2–4, 2–6, 2–7, 3–6
	H	289,7	304,0	296,6	294,7	310,8	289,7	291,3	
Cl	V	98,5 ••	102,7	104,9	103,4	102,8	95,9	96,5	1–6, 1–7, 2–6, 2–7, 3–6, 3–7, 4–6,
	H	103,5	103,7	103,5	103,6	98,8	96,9	95,7	4–7
Na	V	140,7	139,9 ••	143,0 ••	145,1	144,3	143,6	143,0 ••	1–2, 1–3, 1–6, 1–7, 3–4
	H	141,3	145,7	148,2	144,2	142,5	145,5	146,2	
K	V	4,46 ••	4,90 ••	4,08 ••	4,28 ••	5,32	4,04 ••	4,18 ••	1–2, 1–6, 2–6, 2–7, 3–6, 3–7, 4–6,
	H	4,80	5,27	5,03	4,92	6,14	4,25	4,52	4–7
Ca	V	2,38 ••	2,48 ••	2,41 ••	2,51 ••	2,75	2,51 ••	2,55 ••	1–4, 1–6, 1–7
	H	2,51	2,67	2,71	2,76	2,71	2,84	2,78	

•• = signifikante (p<0,01) Differenz zwischen Vor- und Hauptperiode
• = signifikante (p<0,05) Differenz zwischen Vor- und Hauptperiode

x Die Mittelwerte von Versuch 5 wurden bei der statistischen Prüfung nicht berücksichtigt, da nur zu Beginn und am Ende des Versuches Blut gewonnen wurde.

Bei den Versuchsgruppen, die kaltes Futter erhielten, lag die Zahl der Erythrozyten deutlich höher als bei den Gruppen, die warmes (ca 18°C) Flüssigfutter erhielten. Dieser Unterschied ergab sich nicht beim Vergleich der Kaltfutterversuche mit dem Versuch 4, bei dem normal temperiertes Futter bei niedrigeren Umgebungstemperaturen verabreicht wurde.

MCHC

Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten war bei den Versuchen in kalter Umgebung deutlich ($p < 0{,}001$) niedriger als bei den Versuchen bei normalen Umgebungstemperaturen. Dieser signifikante Unterschied konnte jedoch beim Vergleich der Mittelwerte von Versuch 1/6 und 3/6 nicht festgestellt werden.
Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchen, bei denen kaltes Flüssigfutter verabreicht wurde und den Versuchen, bei denen normal temperiertes Flüssigfutter angeboten wurde konnten beim Vergleich der Versuche 1/7, 2/6, 2/7 und 3/7 gefunden werden. Die Kaltfutterversuche wiesen deutlich niedrigere MCHC-Werte auf.

MCV

Zwischen den einzelnen Versuchen konnten keine signifikanten Unterschiede beim mittleren Erythrozytenvolumen festgestellt werden.

Leukozytenzahl

Beim Vergleich der durchschnittlichen Leukozytenzahlen in der Hauptperiode wurden keine deutlichen Unterschiede gefunden.

Lactat

Die durchschnittliche Lactatkonzentration der Versuchsgruppe 4 lag signifikant ($p < 0{,}001$) höher, als die Versuchsgruppen 7, 3 und 1. In Versuch 4 wurde 5 Tage alte Molke gefüttert. Bei der Verfütterung von dicksaurer Magermilch (7 Tage gelagert) konnten signifikant höhere Lactatwerte im Plasma festgestellt werden, als bei Verfütterung von ansaurer Magermilch.

Harnstoff
Die Unterschiede bei der Serumharnstoffkonzentration zwischen den einzelnen Versuchen waren nicht signifikant.

Osmolalität
Die Serumosmolalität der Tiere von Versuch 2 ($\bar{x}$ = 303,6 mOsm/kg) war signifikant höher als von Versuch 6 ($\bar{x}$ = 289,4 mOsm/kg) und Versuch 7 ($\bar{x}$ = 291,3 mOsm/kg). Im Gegensatz dazu lag die durchschnittliche Osmolalität bei Versuch 6 (Magermilch dicksauer) niedriger als bei Versuch 3 (Molke kalt).
Beim Vergleich zwischen Flüssigfütterung mit Molke und Flüssigfütterung mit Wasser als Fließmittel konnten bei der Molkefütterung (Versuch 2 und 3) deutlich höhere Osmolalitätswerte festgestellt werden.
Zwischen Molke- und Magermilchfütterung bestand ein signifikanter Unterschied zwischen Versuch 2 und den Magermilchversuchen. Bei der Verfütterung von Magermilch lag die Osmolalität deutlich höher.

Chlorid
Die Flüssigfütterung mit Wasser hatte signifikant höhere Chloridwerte zur Folge als die Verfütterung von Magermilch. Ebenso lagen bei der Molkeverfütterung (Versuche 2,3,4,) die Chloridwerte höher als bei Flüssigfütterung auf Magermilchbasis (Versuche 6 und 7).

Natrium
Bei der Flüssigfütterung mit Magermilch (Versuch 6 und 7) konnten signifikant höhere Natriumwerte gefunden werden als bei der Flüssigfütterung mit Wasser (Versuch 1). Auch beim Vergleich zwischen Flüssigfütterung mit Molke lag die Natriumkonzentration höher als bei Flüssigfütterung mit Wasser. Zwischen der Molke- und Magermilchfütterung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Kalium

Bei den Versuchen in kalter Umgebung konnten signifikant ($p < 0{,}001$) höhere Serumkaliumdurchschnittswerte gefunden werden als bei den Warmversuchen. Dies trifft jedoch beim Vergleich zwischen Versuch 3/6 und 1/7 nicht zu.
Bei der Flüssigfütterung mit Molke ergaben sich signifikant höhere Kaliumwerte als bei Magermilchfütterung.
Zwischen Flüssigfütterung mit Wasser, Molke und Magermilch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

Calcium

Bei der Magermilchfütterung konnten gegenüber der Flüssigfütterung mit Wasser signifikant höhere Calciumkonzentrationen im Serum ermittelt werden.
Zwischen Molke- und Magermilchfütterung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

3.3. Besprechung der Ergebnisse

3.3.1. Provokation von "fütterungsbedingtem Durchfall"

Alle Versuche, mit Hilfe extremer Futter- und Fütterungsänderungen bei gesunden Absatzferkeln eine durchfallähnliche Kotbeschaffenheit zu verursachen, blieben erfolglos.
Die abrupte Umstellung von Festfutter auf Flüssigfutter, wovor in Empfehlungen für die Praxis immer wieder gewarnt wird, führte nicht zu Verdauungsstörungen. Auch die gleichzeitige Verabreichung von kaltem Futter verursachte keine Verdauungsstörungen.
Ein mit der Umstellung der Fütterung verbundener Wechsel der Stalltemperatur, der nach EHLERT et al. (1982) eine zusätzliche Belastung darstellt, führte ebenfalls zu keinerlei Erkrankungen oder intestinalen Funktionsstörungen, obwohl gerade Ferkel der verwendeten Altersgruppe noch besonders wärmebedürftig sein sollen (KÖHLER und BOHRISCH 1980). Außerdem nehmen die Ferkel 7 - 10 Tage nach dem Absetzen in der Regel so wenig Futter auf, daß ihr Erhaltungsbedarf nicht gedeckt und eine äußere Stützung des Wärmehaushaltes erforderlich ist (JUNG und Mitarbeiter 1979, BOLDUAN und JUNG 1980). Die Ergebnisse von TENK und SZABO (1979) unterstreichen diese Tatsache; sie konnten durch Wärme-bzw. Kältebelastung die Magen-Darm-Flora quantitativ und qualitativ beeinflussen.

Bei der Futterumstellung wird allgemein empfohlen eine Überfütterung zu vermeiden. Besonders nach Nahrungskarenz kommt es bei anschließender Sattfütterung zu einer Überlastung der Verdauungskapazität des Ferkels, die zu Dysbakterie und damit zu Durchfall führen kann. In den eigenen Versuchen wurde bei jeder Mahlzeit soviel Futter angeboten, daß die Tiere gesättigt waren. Bei Versuch 5, bei dem die Tiere in einer Gemeinschaftsbox gehalten wurden, nahmen die Ferkel sehr große Flüssigfuttermengen so schnell zu sich, daß nach der Fütterung eine deutliche Umfangsvermehrung des Abdomen zu beobachten war. Trotz der offensichtlichen Überfütterung trat auch hier kein Durchfall auf, obwohl die verwendete Molke

zusätzlich in ihrer Qualität (bakterielle Kontamination, Pilzbefall) gemindert war. Die Qualitätsbeeinträchtigung durch ungünstige Lagerung von Molke und Magermilch wird häufig als Ursache für "diätetisch bedingte Durchfälle" angegeben (KRISTOF und LEIBETSEDER 1983, HOLMES 1971). Bei den eigenen Versuchen konnte durch die Verfütterung von ungünstig (7 Tage lang bei Zimmertemperatur) gelagerter Molke und dicksaurer, bakteriell kontaminierter Magermilch sowie ansaurer Magermilch (GRAUVOGL et al. 1974, MEYER 1978) kein alimentär bedingter Durchfall ausgelöst werden.
Auch der niedrige Rohfasergehalt der Ration (4,6%) sollte eigentlich mit zur leichteren Auslösung von Durchfall beitragen; denn nach MENKE (1975) sollte der Rohfasergehalt des Aufzuchtfutters nicht unter 5 % liegen. Ein zu niedriger Rohfasergehalt der Ration liefert den Bakterien wenig Substrat. Sie stellen ihren Stoffwechsel auf Proteinabbau um, wodurch vermehrt biogene Amine gebildet werden, die dann Verdauungsstörungen hervorrufen.
Daß trotz der abrupten Umstellungen und extremen Fütterungssituationen kein Durchfall auszulösen war, könnte möglicherweise daran liegen, daß das gesunde Ferkel bei niedrigem Infektionsdruck durch enteropathogene Krankheitserreger in der Lage ist, sich rasch den Veränderungen hinsichtlich Fütterung und Klimaumstellungen anzupassen.
Entgegen den Erfahrungen in der Praxis, wo bereits angeblich kleine Fütterungsfehler zu Durchfall führen, konnte durch die in den eigenen Versuchen vorgenommenen Umstellungen und Belastungen kein Durchfall provoziert werden. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich in den, trotz aller Umstellungen und Belastungen, dennoch günstigen Umweltbedingungen (niedriger Keimgehalt, Einzelhaltung) zu suchen.

3.3.2. Besprechung der Ergebnisse der Blutuntersuchungen

Bei den untersuchten Blutparametern traten im Zusammenhang mit der Futterumstellung und den extremen Fütterungsbedingungen nur geringfügige Veränderungen auf. Sie bewegten sich gegenüber der Vorperiode jedoch immer im physiologischen

Bereich. Zum Teil erwiesen sich die Änderungen bei der statistischen Prüfung (Varianzanalyse) als signifikant. Die Variationskoeffizienten liegen jedoch fast durchweg (excl. Leukozyten und Lactat) unter 10 % und zeigen damit eine hohe Gleichförmigkeit der Einzelwerte an, so daß schon geringe Veränderungen der Meßwerte in einer der beiden Versuchsperioden signifikante Mittelwertdifferenzen verursachen. Der physiologische Bereich wird in keinem Fall verlassen.

Hämatokrit, Hämoglobin, Erythrozytenzahl, MCHC und MCV

Die in der Vorperiode ermittelten Ausgangswerte beim Hämatokrit lagen bei den 6 Wochen alten Tieren (7,8 - 10 kg) bei durchschnittlich 31,05 ± 3,0 %. Bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren wurden Hämatokritwerte von durchschnittlich 31,4 ± 1,99 % gefunden. In Übereinstimmung mit den von SCHORK (1982) ermittelten Werten liegen die Hämatokritwerte bei der streßfreien Blutentnahme aus Verweilkathetern niedriger als bei der Blutgewinnung durch Venenpunktion (BICKHARDT und WIRTZ 1978, BRENNER 1981).
Die in der Normalperiode ermittelten Ausgangswerte beim Hämoglobingehalt lagen mit durchschnittlich 9,57 g/100 ml bei den 6 Wochen alten Tieren und mit 9,33 g/100 ml bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren niedriger als die in der Literatur für diese Altersklassen angegebenen Werte. Dies ist möglicherweise auf die tägliche Entnahme von 9 - 10 ml Blut zurückzuführen. Zudem werden bei der Blutentnahme aus Dauerkathetern allgemein niedrigere Hämoglobinwerte gefunden (BRENNER 1981).

Die durchschnittliche Erythrozytenzahl in der Vorperiode lag bei den 6 Wochen alten Tieren bei 5,77 Mill/µl ± 0,66. Bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren wurden Erythrozytenzahlen von 5,82 Mill/µl gefunden. Diese Durchschnittswerte stimmen mit den in der Literatur für dieses Alter angegebenen Werten gut überein.
Die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten konnte mit durchschnittlich 30,9 ± 1,73 g/100 ml bei den 6 Wochen alten Tieren ermittelt werden. Die durchschnittlichen MCHC-Werte bei den 7 - 8 Wochen alten Absatzferkeln lagen bei 29,64 ± 2,45 g/100ml. Diese Werte entsprechen den in der Literatur angegebenen Werten.

Das mittlere Erythrozytenvolumen lag bei den 6 Wochen alten Tieren bei durchschnittlich 54,05 ± 3,96 μm^3 und bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren bei 54,15 ± 3,14 μm^3. Höhere Werte mit 58,1 ± 2,8 μm^3 fand dagegen KIRCHER (1976) bei 8 Wochen alten Landrasseferkeln. Allerdings entnahm KIRCHER das Blut durch Venenpunktion. Den eigenen ermittelten Werten entsprechen die von SCHORK (1982) angegebenen Werte, der ebenfalls Blut aus Verweilkathetern untersuchte.
Die Kältebelastung führt nach STEINHARDT und LYHS (1972) zu einer Entspeicherung der Erythrozyten in der Milz, so daß Hämatokrit, Hämoglobin und die Erythrozytenzahl im Blut ansteigen. Die Erhöhung des Hämoglobingehaltes zusammen mit einem Hämatokritanstieg führt zu einer Erhöhung der MCHC. Bei Versuch 1 stiegen Hämatokrit, Hämoglobin, Erythrozytenzahl und MCHC in der Hauptperiode signifikant an. Das MCV veränderte sich nur unwesentlich. Diese Veränderungen sprechen dafür, daß sich hier die Kältebelastung entsprechend den Ergebnissen von STEINHARDT und LYHS (1972) auf das rote Blutbild auswirken. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse der anderen drei Versuche in kühlerer Umgebung. Bei den Versuchen 2 und 4 stiegen Hämatokrit und die Erythrozytenzahl gegenüber der Vorperiode signifikant an. Der Hämoglobingehalt und die mittlere Hämoglobinkonzentration sanken jedoch teilweise signifikant. Das Absinken von Hämoglobin und MCHC bei gleichzeitigem Anstieg von Hämatokrit und Erythrozytenzahl sprechen dafür, daß es wie in Versuch 1 zu einer streßbedingten Milzentspeicherung kommt, die Erythrozyten jedoch weniger Hämoglobin enthalten. Es entwickelte sich also eine hypochrome Anämie, die möglicherweise auf eine Eisenmangelanämie und auf die tägliche Blutentnahme zurückzuführen ist. Bei Versuch 3 sind die Veränderungen bei Hämatokrit und Erythrozytenzahl undeutlicher.
Ebenso wurden bei den Versuchen mit Magermilch als Bestandteil der Flüssigfütterung in der Hauptperiode signifikant niedrigere Hämoglobinwerte als in der Vorperiode ermittelt. Das auch hier gefundene Absinken der mittleren Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten spricht für eine Tendenz zur Entwicklung einer hypochromen Anämie. Ob diese Anämie eine

Folge der Verfütterung von Milchprodukten in den Versuchen 2 bis 7 ist, kann nicht hinreichend geklärt werden.
Das mittlere Erythrozytenvolumen veränderte sich in keinem der Versuche signifikant.
Beim Vergleich der Versuche untereinander konnten bei allen Versuchen in kühlerer Umgebung signifikant ($p < 0{,}001$) höhere durchschnittliche Hämatokritwerte ermittelt werden als bei den Versuchen mit normalen Umgebungstemperaturen. Auch die Verfütterung von kaltem Flüssigfutter hat hier vermutlich einen Einfluß; denn beim Vergleich der Versuche mit kaltem Futter und dem Versuch 4, bei dem temperiertes Futter unter kühleren Umgebungstemperaturen verabreicht wurde, bestand dieser Unterschied nicht.
Der durchschnittliche Hämoglobingehalt und die mittlere Erythrozytenzahl lagen bei den Versuchen in kalter Umgebung signifikant ($p < 0{,}001$) höher als bei den Versuchen in warmer Umgebung. Auch dieses Ergebnis bestätigt die Vermutung, daß es durch die Kältebelastung zur Erhöhung der Parameter des roten Blutbildes kommt.

Leukozyten

Die durchschnittliche Leukozytenzahl der 6 Wochen alten Tiere lag in der Normalperiode bei 14665 $\pm$ 4266/µl, die der 7 - 8 Wochen alten Tiere bei 13637 $\pm$ 2898/µl. Diese Werte stimmen mit den in der Literatur angegebenen überein.
Bei den Versuchen 2 und 3, bei denen kaltes Flüssigfutter auf Molkebasis in der Hauptphase verfüttert wurde, stiegen die Leukozytenzahlen gegenüber der Vorperiode signifikant an. Da jedoch der Unterschied zwischen Vor- und Hauptperiode mit etwa 2000 Leukozyten/µl statistisch zwar signifikant ist, aber doch vergleichsweise sehr gering ist, können die Differenzen als physiologische Schwankungen infolge körperlicher Belastung, Alter und Fütterungsart angesehen werden. Der Anstieg der durchschnittlichen Leukozytenzahl bei Versuch 5 ist auf eine durch die Venenpunktion erregungsbedingte Vermehrung der Leukozyten zurückzuführen (BICKHARDT und WIRTZ 1978).

Lactat

Für die Plasmalactatkonzentration wurden bei den 6 Wochen alten Ferkeln Ausgangswerte von durchschnittlich 1,39 ± 0,49 mmol/l ermittelt. Bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren wurden durchschnittlich 1,64 ± 0,40 mmol/l Lactat im Plasma gefunden. Die gemessenen Ruhelactatwerte liegen damit höher als die von SCHORK (1982) bei der entsprechenden Gewichtsklasse ermittelten Werte von ø 1,24 ± 0,9 mmol/l.

Da das L-Lactat hauptsächlich vom quergestreiften Muskel gebildet wird, wäre eigentlich bei den Versuchen in denen deutliches Kältezittern festgestellt wurde ein erhöhter Lactatgehalt im Plasma zu erwarten gewesen. Diese Vermutung bestätigte sich jedoch nicht.

Bei den Versuchen mit "verdorbener Molke" (Versuch 4) und dicksaurer, "verdorbener" Magermilch (Versuch 6) konnten leicht erhöhte Lactatwerte in der Hauptperiode ermittelt werden. Möglicherweise ist dieser Anstieg auf eine vermehrte Resorption von Milchsäure aus dem Darm bei der Verfütterung "verdorbener" Milchprodukte zurückzuführen (WIRTZ und BICKHARDT 1977).

Harnstoff

Die Serumharnstoffkonzentration lag in der Normalperiode bei den 6 Wochen alten Ferkeln bei durchschnittlich 4,14 ± 0,75 mmol/l. Bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren wurden Ausgangswerte von 4,52 ± 1,51 mmol/l ermittelt.

Beim Harnstoffgehalt konnte kein Einfluß von extremen Haltungs- und Fütterungsbedingungen festgestellt werden.

Osmolalität

Die Serumosmolalität bei den 6 Wochen alten Tieren in der Vorperiode betrug durchschnittlich 287,3 ± 8,35 mOsm/kg und bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren durchschnittlich 293,9 ± 5,43 mOsm/kg. Die von mehreren Autoren beschriebene Zunahme der Osmolalität mit steigendem Körpergewicht konnte bestätigt werden (GEORGIEV et al. 1972, POWNALL 1970).

Bei Kältebelastung kommt es nach MIKSCH et al. (1972) zu einer Erhöhung des Harnflusses und zu einem Absinken der

Serumosmolalität infolge des Verlustes von Elektrolyten. Bei Versuch 1 sank zwar die Serumosmolalität gegenüber der Vorperiode signifikant, ein gleichzeitiger Verlust von Elektrolyten konnte aber nicht nachgewiesen werden. Die Serumkonzentrationen von Chlorid, Kalium und Calcium stiegen sogar noch signifikant an. Eine Erklärung für das Absinken der Osmolalität bei gleichzeitiger Erhöhung der Elektrolytkonzentration ist nicht möglich. Hinzu kommt, daß es im Gegensatz zu Versuch 1 bei den anderen Versuchen in kühlerer Umgebung und kaltem Futter (Versuch 2 und 3) zu einer signifikanten Erhöhung der Serumosmolalität kam. Keine signifikanten Veränderungen konnten bei Versuch 4 und 6 ermittelt werden. Bei Versuch 7 (Magermilch ansauer) stieg die Osmolalität signifikant an. Diese Erhöhungen der Serumosmolalität gegenüber der Vorperiode sind vermutlich auf den höheren Elektrolytgehalt (Na, K, Ca) von Molke und Magermilch zurückzuführen. Außerdem ist die Osmolalität starken individuellen Schwankungen unterworfen (KETZ 1960).
Beim Vergleich zwischen den Versuchen mit Molkefütterung und Flüssigfütterung mit Wasser als Fließmittel konnten bei der Molkefütterung (Versuch 2,3,5) deutlich höhere Osmolalitätswerte im Serum festgestellt werden, was auf den höheren Elektrolytgehalt der Molke zurückzuführen ist.

Chlorid
Als Ausgangswerte für Chlorid im Serum wurden bei den 6-Wochen alten Tieren durchschnittlich 99,96 mmol/l ± 5,56 mmol/l ermittelt. Die Werte der 7 - 8 Wochen alten Ferkel waren mit 100,46 ± 4,29 mmol/l geringfügig höher. Die Werte lagen damit in den von JENKINS (1982) angegebenen Bereichen.
Bei Versuch 1 (Flüssigfütterung mit Wasser, kalt) wurden in der Hauptperiode signifikant höhere Chloridwerte als in der Vorperiode ermittelt. Bei den anderen Versuchen erwiesen sich die geringen Veränderungen als zufallsbedingt. Beim Vergleich der Versuche mit Magermilchfütterung und dem Versuch 1 (Flüssigfütterung mit Wasser) konnten bei der Magermilchfütterung signifikant niedrigere Chloridwerte ermittelt

werden. Jedoch sind die Chloridwerte nicht so niedrig, wie sie HAARANEN (1960) für magermilchgefütterte Schweine angibt. Bei der Molkefütterung waren die Chloridwerte deutlich höher als bei der Magermilchfütterung. Die Ursache für diese Verminderung des Serumchlorids bei der Magermilchfütterung ist unbekannt. Die Absorption und die Sekretion von Chlorid im Darm sind gekoppelt mit Absorption bzw. Sekretion von Natrium und Bicarbonat. Möglicherweise wird bei der Magermilchfütterung die Resorption von Chlorid behindert.

Natrium

Bei den 6 Wochen alten Ferkeln wurden als Ausgangswerte für Natrium durchschnittlich 143,4 ± 2,2 mmol/l gefunden. Der Ausgangswert bei 7 - 8 Wochen alten Ferkeln lag bei 142,2 ± 3,6 mmol/l.
Bei allen Versuchen, außer Versuch 4, stieg der Natriumgehalt im Serum gegenüber der Vorperiode an, bei den Versuchen mit kalter Molke und Magermilch sogar signifikant. Die deutlich höheren Durchschnittswerte gegenüber der Fütterung von Flüssigfutter mit Wasser als Fließmittel sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den höheren Natriumgehalt von Magermilch und Molke zurückzuführen. Im Gegensatz zu HAARANEN (1960) konnten zwischen Molke- und Magermilchfütterung keine signifikanten Differenzen festgestellt werden.

Kalium, Calcium

Die in der Vorperiode ermittelten Durchschnittswerte für Kalium lagen bei den 6 Wochen alten Tieren bei 4,05 ± 0,26 mmol/l und bei den 7 - 8 Wochen alten Tieren bei 4,46 ± 0,44 mmol/l.
Die Serumcalciumkonzentration betrug für 6 Wochen alte Ferkel 2,46 ± 0,17 mmol/l und für 7 - 8 Wochen alte Ferkel 2,48 ± 0,13 mmol/l. Die Kaliumwerte waren damit deutlich niedriger als die von KIRCHER (1976) für 8 Wochen alte Ferkel angegebenen Werte, was auf die Blutentnahmetechnik zurückzuführen ist. Die Calciumwerte entsprechen denen in der neueren Literatur für diese Altersgruppe angegebenen Werten.

Bei allen Versuchen stiegen in der Hauptperiode die Kalium- und Calciumwerte signifikant an. Bei den Kaltversuchen ist der Anstieg der Kaliumkonzentration vermutlich auf einen vermehrten Kaliumgehalt infolge Muskelbewegung (Kältezittern) zurückzuführen (SCHRÖTER et al. 1963). Die Verfütterung von Molke hat aufgrund des hohen Kaliumgehaltes der Molke höhere Kaliumwerte zur Folge (HAARANEN 1960). Beim Vergleich zwischen Molke- und Magermilchfütterung konnten bei der Molkefütterung deutlich höhere Kaliumwerte festgestellt werden.

Bei der Magermilchfütterung wurden gegenüber der Flüssigfütterung mit Wasser signifikant höhere Calciumwerte im Serum gefunden, die durch den hohen Calciumgehalt der Milch bedingt sind. Zwischen Molke- und Magermilchfütterung konnten im Gegensatz zu HAARANEN (1960) keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Schlußfolgerungen

Die Provokation des sogenannten "fütterungsbedingten" Durchfalls durch abrupte Futterumstellung und extreme Fütterungsbedingungen ist beim gesunden Absatzferkel unter den gegebenen Haltungsbedingungen (Einzelhaltung in Stoffwechselkäfigen, Gruppenhaltung auf planbefestigtem Boden) nicht möglich gewesen.

Dieses Versuchsergebnis steht im Widerspruch zu Praxiserfahrungen und Literaturhinweisen (MANZ 1970, KIRCHGESSNER 1975), die den Fütterungsfehlern eine kausalpathogenetische Bedeutung für die Entstehung von Durchfall zuweisen, ohne allerdings einen experimentellen Beweis dafür zu liefern. Es gibt deshalb Anlaß zu der Vermutung, daß zur Auslösung von sogenanntem "nutritiv bedingtem" Durchfall gleichzeitig andere krankheitsauslösende Faktoren wirksam werden, die jedoch unter dem Eindruck der anamnestischen Dominanz angeblicher Fütterungsfehler nicht weiter verfolgt werden oder noch keinen Eingang in die Differentialdiagnostik gefunden haben.

Von "fütterungsbedingtem" Durchfall wird immer dann gesprochen, wenn im Zusammenhang mit dem Absetzen von der

Muttersau oder bei der Einstellung in den Maststall Durchfall auftritt. Als Ursache für den Durchfall werden Verdauungsstörungen mit anschließender Dysbakterie im Darm angegeben. Da aber beim gesunden Ferkel unter den gegebenen Versuchsbedingungen (niedriger Infektionsdruck und weitgehend fehlender Kotkontakt) keine Verdauungsstörungen durch abrupte Futterumstellung und extreme Fütterungsbedingungen hervorgerufen werden konnten, scheint der Ausdruck "fütterungsbedingter Durchfall" nur teilweise gerechtfertigt zu sein, da Futterumstellung und Klimawechsel allenfalls als begünstigende Faktoren für das Angehen infektionsbedingter Durchfallerkrankungen in Betracht kommen.
Beim gesunden Ferkel können offensichtlich Futterumstellung und extreme Fütterungsbedingungen allein noch keine Verdauungsstörungen hervorrufen, was auf eine große Anpassungsfähigkeit des Verdauungstraktes gesunder Ferkel auf veränderte Fütterungssituationen hindeutet.
Möglicherweise sind auch Vorschädigungen, angeborene oder erworbene Störungen der normalen Verdauungsvorgänge zusätzliche Voraussetzungen für das Entstehen von Verdauungsstörungen. Besondere Bedeutung in der Pathogenese vermeintlicher fütterungsbedingter Durchfälle dürfte atypischen Coronavirusinfektionen (SOLOZANO et al. 1978) und den vorläufig noch selten festgestellten Kryptosporidiosen (BOCH et al. 1982, SCHMIDT und NIENHOFF 1982) zukommen. Auch an die Möglichkeit der Infektion mit Astro- und Adenoviren, die für Durchfälle bei anderen Spezies verantwortlich waren (HESS et al. 1980), muß gedacht werden. Ebenso kommen gelegentlich Mykotoxine als Durchfallursache in Betracht. Bei der Verfütterung pilzgeschädigter Futtermittel kann vor allem die Desoxynivalenol-Intoxikation (SCHUH 1981) zu Diarrhoe führen. Diese für die Durchfallpathogenese bedeutsamen Faktoren weisen als gemeinsames Merkmal die Schwierigkeit ihrer diagnostischen Erfassung auf, weshalb der Versuch ihrer Feststellung vielfach unterbleibt oder wegen des Vorherrschens anderer, ätiologisch vermeintlich zutreffenderer Faktoren gar nicht beabsichtigt wird.

Die abrupte Futterumstellung und die extremen Fütterungsbedingungen verursachen nur geringe Veränderungen der untersuchten Blutparameter. Obwohl sie teilweise statistisch signifikante Differenzen aufweisen, bewegen sich die Mittelwerte der Vor- und Hauptperiode immer im physiologischen Bereich.

Die Kältebelastung (kaltes Futter, niedrige Umgebungstemperatur) führt zu geringen Veränderungen vor allem beim roten Blutbild. Die Verfütterung von Milchprodukten hatte, bedingt durch deren hohen Gehalt an Natrium, Kalium und Calcium, eine leichte Erhöhung dieser Elektrolyte im Blut zur Folge. Ein direkter Einfluß von Futterqualität, Futterkonsistenz und Nahrungskarenz auf die Blutmeßwerte konnte nicht festgestellt werden. Das bedeutet, daß das gesunde Ferkel in der Lage ist, sich veränderten Fütterungsbedingungen schnell anzupassen und zusätzliche Belastungen schadlos zu kompensieren.

4. ZUSAMMENFASSUNG

In 7 Versuchen mit je 6 Versuchstieren wurden die Folgen abrupter Futterumstellung und extremer Fütterungsbedingungen bei Absatzferkeln untersucht. Die Auswirkungen auf den Stoffwechsel sind anhand von Parametern des Blutbildes (Hämatokrit, Hämoglobin, Erythrozyten, MCHC, MCV, Leukozyten), der Serumelektrolyte (Chlorid, Natrium, Kalium, Calcium) sowie von Protein- und Kohlenhydratmetaboliten (Harnstoff, Lactat) gemessen worden.

Für 6 Versuche sind die Schweine einzeln in Stoffwechselkäfigen gehalten worden; ein Versuch lief in Gruppenhaltung auf planbefestigtem Boden. Durch Implantation intravenöser Dauerkatheter war es möglich, regelmäßig und erregungsfrei Blut für Untersuchungszwecke zu gewinnen. Jeder Versuch bestand aus einer mehrtägigen Vorperiode mit üblichen Fütterungsbedingungen und normaler Umgebungstemperatur sowie einer Hauptperiode, während der Futter, Fütterungsregime und Umgebungstemperatur variiert wurden.

In der Vorperiode wurde pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter bzw. Schrotmischung gefüttert. Gleichzeitig mit der Umstellung auf kaltes Flüssigfutter mit Wasser bzw. frischer Molke wurde die Umgebungstemperatur gesenkt. In zwei Versuchen wurde durch ungünstige Lagerung qualitätsgeminderte Molke verfüttert. In zwei weiteren Versuchen wurde dicksaure und ansaure Magermilch als Bestandteil des Flüssigfutters verwendet.

Bei keinem der Versuche konnte durch die Futterumstellung und die extremen Fütterungsbedingungen ein sogenannter "fütterungsbedingter Durchfall" ausgelöst werden.

Bei den untersuchten Blutparametern kam es zwar zu geringen Veränderungen, die statistisch teilweise signifikant waren, jedoch immer im physiologischen Bereich lagen.

Aus den Versuchsergebnissen wird gefolgert, daß sich der sog. "fütterungsbedingte" Durchfall nicht ausschließlich auf unzweckmäßige Zusammensetzung und Verabreichung des Futters zurückführen läßt, sondern daß an seiner Entstehung auch infektiöse und toxische Pathogene beteiligt sind.

Summary

HEMAOTLOGICAL-METABOLIC EXAMINATIONS OF BLOOD IN WEANED PIGLETS AT ABRUPT CHANGE OF FEED AND EXTREME FEEDING CONDITIONS

The consequences of an abrupt change of feed and extreme feeding conditions were investigated in seven trials with six piglets each. The effects on metabolism were measured by means of parameters of the blood picture (hematocrit, hemoglobin, erythrocytes, MCHC, MCV, leukocytes), serum-electrolyte concentration (chloride, sodium, potassium, calcium) and the metabolites of protein and carbohydrate.

In six experiments the piglets were kept separately in metabolism cages; in one experiment the piglets were kept together in a pen with concrete floor. By imlanting of indwelling venous catheters blood sampling was possible regularly and non-exciting for the pigs. Each experiment was divided into two periods. The preliminary period was conducted under usual feeding conditions and normal environmental temperatures. At the beginning of the main period diet, the feeding regime and environmental temperature were changed.
In the preliminary period the piglets were fed a conventional diet for reared piglets respectively dry feed mixture of bruised grain. Simultaneous with change-over to cold feed mixed with water (1 : 3) respectively fresh whey the temperature of environment was reduced. In two experiments the piglets were fed a diet with whey of reduced quality due to unfavourable storage. In two other experiments the feed was composed of curdled and sour skim milk and a mixture of bruised grain (3 : 1).

A so-called "diarrhea caused by feeding" could be provoked in none of the experiments by change of feed and extreme feeding conditions.

The examined parameters of blood showed slight, partially significant alterations, which were, however, always within physiological limits.

From the results of the experiments it can be concluded that the so-called "diarrhea caused by feeding" is not only attributable to inexpedient composition and application of feed, but also infectious and toxic agents are factors of its genesis.

5. LITERATURVERZEICHNIS

ANDREN, B. und S. PERSSON (1983):
Acid base and electrolyte changes in 1 - 3 day old piglets infected with enteropathogenic E.coli and in spontaneus cases of piglet diarrhoea.

Acta vet. scand. 24, 84 - 98

AURICH, J. (1960):
Die renale Kalzium- und Phosphatausscheidung bei Pferd und Schwein.

Vet. Med. Diss., Humboldt-Univ., Berlin

BERGNER, H. (1982):
Die Bedeutung der Rohfaser in der Ernährung von Monogastriden.

Mh. Vet.-Med. 37, 58 - 66

BICKHARDT, K., H.-J. CHEVALLIER, W. GIESE u. H.-J. REINHARDT (1972):
Akute Rückenmuskelnekrose und Belastungsmyopathie beim Schwein

Zentralbl. Veterinärmed., Beiheft 18

BICKHARDT, K. und A. WIRTZ (1978):
Der Einfluß von Anbindestreß und Fütterung auf Blutmeßwerte des Schweines.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 85, 457 - 458 u. 460 - 462

BICKHARDT, K. (1980):
Laborwerte beim Schwein
in: Klinik der Schweinekrankheiten S. 387 ff.
Hrsg.: SCHULZE, BICKHARDT, BOLLWAHN, v. MICKWITZ u. PLONAIT
Verlag M & H Schaper, Hannover

BOCH, J., E. GÖBEL, J. HEINE, U. BRÄNDLER u. L. SCHLOEMER (1982):
Kryptosporidien-Infektion bei Haustieren

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 95, 361 - 367

BOLDUAN, G. und H. JUNG (1980):
Ernährungsphysiologische Problemstellung bei frühabgesetzten Ferkeln.

Mh. Vet.-Med. 35, 604

BOLLWAHN, W., W.T. VASKE, M. ROJAS und J. WENZ (1971):
Die Hämatopoese neugeborener Ferkel und ihre Beeinflussung durch Eisendextran (Myofer)

Die blauen Hefte 45, 171 - 181

BOLLWAHN, W. (1980):
Durchfallerkrankungen in der Aufzuchtphase

collegium veterinarium 1980, S. 89 - 91

BOLLWAHN, W., R.G. HESS, A. POSPISCHIL, K. HEINRITZI und P.A. BACHMANN (1981):
Klinische und epidemiologische Aspekte der Epizootischen Virusdiarrhoe (EVD)

Fortschritte der Vet. Med. 35, 91 - 100

BRENNER, K.V. und H. GÜRTLER (1981):
Weitere Untersuchungen zur Reaktion von Schweinen auf eine Fixation mittels Oberkieferschlinge anhand metabolischer und hämatologischer Parameter.

Arch. Exp. Vet. Med. 35, 401 - 407

BROD, J. und R.B. STERZEL (1976):
Störungen des Wasser- und Kaliumhaushaltes

Münch. Med. Wschr. 118, 383 - 390

BULLING, E. (1952):
Chemische Blut- und Harnuntersuchungen an kohlenhydratreich und eiweiß-, mineral- und vitaminarm gefütterten Schweinen.

Vet. Med. Diss., Hannover

BURGSTALLER, G. (1981):
Praktische Schweinefütterung

Ulmer Verlag Stuttgart

CALHOUN, M.L. u. E.M. SMITH (1964):
Hematology and Hematopoietic Organs.
In: H.W. DUNNE: Diseases of Swine. 1. Aufl. 37 - 58
Iowa State College Press, Ames, Iowa, USA

CARSTENSEN, L. (1962):
Hämatologische Untersuchungen an Ferkeln bei besonderer Berücksichtigung enzootischer Pneumonien.

Vet. Med. Diss., Hannover

CRABO, B., N.E. BJÖRKLUND u. A. SIMONSSON (1973):
Hematological and blood chemical data in pigs fed on fine, medium and coarse ground dry grain.

Acta vet. scand. 14, 263 - 271

DALTON, R.R., E.W. FISHER u. W.I.M. MC INTYRE (1965):
Changes in blood chemestry, body weight and hematocrit of calves affected with neonatal diarrhea.

Brit. Vet. J. 121, 34 - 41

DITTRICH, H. (1963):
Die mittlere Hämoglobin-Konzentration der Erythrozyten

Med. Klin. 46, 1882 - 1884

DORN, K., H. GÜRTLER, E. KOLB, J. MÜLLER u. H. SEIDEL (1962):
Untersuchungen an Schweinen: V. Mitteilung: Chemische Untersuchungen zur Ödemkrankheit der Schweine.

Arch. Exp. Vet. Med. 16, 1187 - 1203

DRESSELHAUS, F. (1961):
Flammenphotometrische Kalium- und Natriumbestimmung im Serum von Saug- und Absatzferkeln.

Vet. Med. Diss., Hannover

DROCHNER, W., A.S. HAZEM, H. MEYER und Fr.W. RENSMANN (1978):
Praktische Versuche mit Modellstudien zur Pathogenese nutritiv bedingter Diarrhoen beim Ferkel

Fortschritte der Vet. Med. 28, 220 - 225

EBERHAGEN, D. (1971):
Klinische Chemie und Hämatologie

Urban und Schwarzenberg, München (1971)

EHLERT, D., H. JUNG u. F. KRULIGK (1983):
Prädisponierende Faktoren für das Auftreten von Durchfallerkrankungen bei frühabgesetzten Ferkeln.

Mh. Vet. Med. 38, 538 - 544

EICKEN, K. (1969):
Die sogenannte physiologische Anämie der Saugferkel und ihre Verhinderung durch eine frühzeitige Eisenapplikation.

Vet. Med. Diss., Hannover

ENGLERT, L.R. (1966):
Untersuchungen über den Gehalt an Calcium, anorganischem Phosphor und an alkalischer Phosphatase bei klinisch gesunden Schweinen.

Vet. Med. Diss., Hannover

ERHARDT, W. (1983):
Institut für Experimentelle Chirurgie der Technischen Universität

Persönliche Mitteilung

ERHARDT, W., M. HEBESTEDT, H. RECHL, V. RIEDL, J. BACHMEIER, W. BOLLWAHN, H. SCHEBITZ, G. BLÜMEL (1983):
Kurz- und Einleitungsnarkose beim Schwein mit Azaperon (R 1929) i.m. und Etomidat (R 16659, R 16660) i.v.

Tierärztl. Umschau 38, 463 - 468

EWE, K. (1975):
Pathogenese der Diarrhoe

Med. Klin. 70, 1408 - 1416

FAYET, J.C. u. J. OVERWATER (1968):
Hydromineral metabolism of normal and diarrhoeic calves. II. Plasma ionogram and blood pH.
Rech. Vet. 1, 108 - 115

FISCHER, W. u. R. BUTTE (1974):
Vergleichende Untersuchungen des Elektrolyt- und Blutstatus bei gesunden und an Enteritis erkrankten Kälbern.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 23, 567 - 570

FISHER, E.W. (1965):
Death in neonatal calf diarrhoea.
Brit. Vet. J. 121, 132 - 138

FISHER, E.W. (1971):
Hydrogen ion and electrolyte disturbances in neonatal calf diarrhea.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 176, 223 - 230

FORDTRAN, J.S. (1967):
Speculations on the pathogenesis of diarrhea.
Federation Proc. 26, 1405 - 1414

GAFNER, P. (1955):
Über den Natrium- und Kaliumgehalt des Blutplasmas einiger Haustiere sowie den Einfluß peroraler Natrium- und Kaliumverabreichung auf den Gehalt dieser Elemente im Blut der Ziege.
Vet. Med. Diss., Bern

GEORGIEV, S.H. u. M. STEINHARDT (1971):
Veränderungen der Osmolalität von Plasma, Harn und Speichel beim Hausschwein in exogener Hyperthermie.
Arch. Exp. Vet. Med. 25, 214 - 221

GEORGIEV, S.H., M. STEINHARDT und L. LYHS (1972):
Einfluß tiefer Umgebungstemperaturen auf die Wasser- und Elektrolytausscheidung beim Schwein in verschiedenen Entwicklungsstadien.
Arch.Exp. Vet. Med., 27, 625 - 632

GLAWISCHNIG, E., G. SCHLERKA, W. SCHULLER u. W. BAUMGARTNER (1977):
Arbeitswerte in der Laboratoriumsdiagnostik beim Schwein
Wien. tierärztl. Mschr. 64, 341 - 346

GRAUVOGL, A., P. MATZKE u. J. TAXACHER (1974):
Schweinekrankheiten in:
Schweineproduktion
DLG Verlag Frankfurt S. 243 - 297

GROPP, J. (1981):
Diätetische Maßnahmen bei Diarrhoe

6. Münchner Seminar Tierernährung für Tierärzte 1981

HAARANEN, S. (1960):
Some blood components of growing pigs

Nord. Vet. Med. 12, 239 - 244

HALAMA, A.K. (1959):
Entwicklung und Blutbild nähr- und wirkstoffreich gefütterter Ferkel

Zbl. Vet. Med.A 6,349 - 360

HARTMANN, H., H. MEYER u. G. STEINBACH (1981):
Zur Pathogenese des Kälberdurchfalls mit Schlußfolgerungen für Diätmaßnahmen

Mh. Vet.-Med. 36, 371 - 377

HEINRITZI, K. und H. KNÖRL (1981):
Die Bestimmung von Hämoglobin- und Hämatokritwerten in der Schweinepraxis

Der prakt. Tierarzt 62, 972 - 974

HERBINGER, W. (1972):
Elektrolyte und Darmerkrankungen

Münch. Med. Wschr. 114, 525 - 530

HESS, G., W. BOLLWAHN, A. POSPISCHIL, K. HEINRITZI und P. A. BACHMANN (1980):
Neue Aspekte der Virusätiologie bei Durchfallerkrankungen des Schweines: Vorkommen von Infektionen mit dem Epizootischen Virusdiarrhoe- (EVD-) Virus

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 93, 445 - 449

HOCK, A., H. WEISS u. S. RISSE (1964):
Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung einer plötzlichen Futterumstellung bei Schweinen.
I. Biochemische Untersuchungen an Ferkeln bei extremer Änderung des Eiweiß-Nährstoff-Verhältnisses

Arch. Exp. Vet. Med. 18, 1357 - 1375

HOLMES, C.W. (1971):
Growth of pigs fed cool whey at two ambient temperatures

Anim. Prod. 13, 1 - 6

HUPKA, E. u. H. HÜTTEN (1958):
Untersuchungen über die alimentäre Genese des sog. plötzlichen Herztodes des Schweines

Dtsch. tierärztl. Wschr. 65, 586 - 588, 623 - 627

JACOBS, A. (1970):
Digestiv factors in iron absorption.
in: Progress in Gastroenterology
Vol.II Grune u. Stratton, N.Y. and London, 221 - 235

JENKINS, S.J. (1982):
Clinical chemestry reference values of normal domestic animals in various age groups - as determed on the ABA 100.
Cornell Vet. 72, 403 - 415

JOHANNSEN, U. (1976):
Experimentelle Untersuchungen zur Pathogenese der Kolienterotoxämie der Schweine. 3. Mitteilung: Die Wirkung von Kolienterotoxin bei Absatzferkeln nach intragastraler Applikation.
Arch. Exp. Vet. Med. 30, 853 - 859

JOHANNSEN, U. (1977):
Wirkung von parenteral appliziertem Lipopolysaccharid-Endotoxin bei Absatzferkeln
Arch. Exp. Vet. Med. 31, 191

JUNG, H., B. KLENKE, R. MORGENTHUM, J. PFOTENHAUER u. M. SCHUBERT (1979):
Probleme der Futteraufnahme von Absatzferkeln in industriemäßiger Tierproduktion.
Tierzucht 33, 135

KETZ, H.A. (1960):
Untersuchungen zur Nierenfunktion und renalen Elektrolytausscheidung beim Schwein.
Arch. Exp. Vet. Med. 14, 290 - 305

KIRCHER, G.H. (1976):
Beitrag zur Bestimmung hämatologischer und biochemischer Normprofile des Hanford Miniaturschweines und des Deutschen Landschweines in Abhängigkeit vom Lebensalter
Vet. Med. Diss., München

KIRCHGESSNER, M.(1975):
Schweinefütterung
in: Tierernährung S. 191 - 277 (3.Aufl.)
DLG-Verlag, Frankfurt

KLEE, W., D. SCHILLINGER u G. DIRKSEN (1979):
Blutharnstoff und Hämatokrit bei der Kälberdiarrhoe - diagnostische und prognostische Bedeutung
Dtsch. tierärztl. Wschr. 86, 465 - 470

KÖFER, J., G. SCHLERKA, M. SCHUH u. M. BAUMGARTNER (1981):
Verlaufsuntersuchungen über die Blutgase und den Säure-Basen-Haushalt mit Bestimmung von Hämoglobin und Hämatokrit bei Ferkeln. 3. Mitteilung: Altersabschnitt vom Tag nach dem Absetzen bis 3 Wochen danach.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 88. 88 - 94

KÖHLER, U. und H.-D. BOHRISCH (1980):
Maßnahmen zur Sicherung hoher Aufzucht- und Wachstumsleistungen in der ZBE Schweinezucht Polkenberg
Tierzucht 34, 177

KOLACZ, R., Z. PEJSAK u. Z. DOBRZANSKI (1982):
Influences of different environmental conditions on the status of production and physiological parameters in weaned piglets caged in a battery system.
Int. Pig Vet. Soc. Congress 1982 IPVS 82, Mexiko July 26/31

KOLB, E., J. MÜLLER, H. SEIDEL (1962):
Untersuchungen an Schweinen: I. Mitteilung: Über den Natrium- und Kaliumgehalt des Serums und Blutes sowie verschiedene Abschnitte des Herzmuskels und der Skelettmuskulatur unter besonderer Berücksichtigung der Ausblutung.
Zbl. Vet. Med. 9, 463 - 485

KOLB, E. (1974):
Die Physiologie der Körperflüssigkeiten
in: Lehrbuch der Physiologie der Haustiere I
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

KORNEGAY, E.T., B.E. BRENT, C.H. LONG, E.R. MILLER, D.E. ULLREY u. J.A. HOEFER (1963):
Blood volume, electrolyte, hemoglobin, hematocrit and rectal temperature in fasting pigs
J. Anim. Sci. 22, 1125

KOTTKAMP, W. (1952):
Untersuchungen über den Kalzium- und anorganischen Phosphorgehalt des Blutserums klinisch gesunder Schweine.
Vet. Med. Diss., Hannover

KRISTOF, J. und J. LEIBETSEDER (1983):
Untersuchung über die leistungsfördernde Wirkung von Cu-II-methionat (Pabusan) in der Schweinemast.
Wien. tierärztl. Mschr. 70, 55 - 60

LEIBHOLZ, J.M.A. (1964):
Potassium, protein and basic amino acid interrelationships in the baby pig.
Diss. Abstr. 24, 3914

LEICHE, E. (1964):
Einfluß hoher Umwelttemperaturen auf den Kalium- und Natriumaustausch zwischen Erythrozyten und Serum beim Schwein.

Wiss. Zschr. Humboldt-Univ., Berlin 13, 272 - 273

LEWIS, L.D. und R.W. PHILLIPS (1972):
Water and electrolyte losses in neonatal calves with acute diarrhea. A complete balance study.

Cornell Vet. 62, 596 - 607

LINDENA, J. (1975):
Untersuchungen zur Kinetik des Lactatstoffwechsels beim Hausschwein.

Vet. Med. Diss., Hannover

LUQUE, S.J.M. (1951):
Estudio biométrico de alguas constantes sanguineas en el cerdo. (Die Zusammensetzung des Schweineblutes)

An. Fac. vet. Madrid. 3, 187 - 193

MAAS, F. (1976):
Einfluß von physischen und psychischen Belastungen auf den Lactatblutspiegel beim Hausschwein

Vet. Med. Diss., Hannover

MAC DONALD, S. (1981):
Serum - Osmolalität - eine wichtige Größe zur Charakterisierung der Stoffverteilung in den Körperflüssigkeiten

Beckman Report 1/81, 10 - 12

MANOIU, I., O. URSACHE, B. SINCHIEVICI, V. COSTEA, D. PALTINEANU u. G. PETRACHE (1971):
Recherches concernant la modification de certaines valeurs biochimiques du sang et des organes, dans les etats de deshydrations consecutifs aux enterites des porcelets.

Archiva Vet. VIII (1) 1971, p 11 - 20

MANOIU, I., E. VIOR, V. POPESCU, V. COSTEA, B. SINCHIEVICI, u. V. DOGARU (1981):
Störungen des Hydroelektrolythaushaltes und des Säure-Basen-Status in Dehydratationszuständen beim Kalb;therapeutische Maßnahmen

Archiva Vet. 15, 143 - 154

MANZ, D. (1970):
Fütterungsfehler als Krankheitsursache beim Schwein

Tierärztl. Umschau 25, 123 - 126, 169 - 170 u. 229 - 233

MC SHERRY, B.J., I. GRINYER (1954):
Disturbances in acid-base balance and electrolyte in calf diarrhea and their treatment.
Am. J. Vet. Res. 15, 535 - 541

MENKE, H.K. (1975):
Ernährungsphysiologische Grundlagen
in: Menke-Huss: Tierernährung und Futtermittelkunde
Ulmer Verlag, Stuttgart

MERRILL, E.W., E.R. GILLILAND, G. COKELET, H. SHIN, A. BRITTEN, R.E. WELLIS (1963):
Rheology of human blood near and at zero flow-effects of temperature and hematocrit level.
Biophys. J. 3, 199 - 213

MEYER, H. (1978):
Grundlagen der Schweinefütterung
in: Comberg G.: Schweinezucht
Ulmer Verlag, Stuttgart 8. Aufl. S. 162 - 216

MEYER, J.H., R.H. GRUMMER, R.H. PHILLIPS u. G. BOHSTEDT (1950):
Sodium, chlorine and potassium requirements of growing pigs
J. Anim. Sci. 9, 300 - 306

MICHELL, A.R. (1974):
Body fluids and diarrhoea: dynamics of dysfunction
Vet. Rec. 94, 311 - 315

MIKSCH, H.-E., M. STEINHARDT und L. LYHS (1972):
Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Osmolarität des Plasmas und des Harnes bei Schweinen mit einer Körpermasse von 25 kg
Arch. Exp. Vet. Med. 27, 645 - 650

MILLER, E.R., D.E. ULLREY, J. ACKERMANN, D.A. SCHMIDT, R.W. LUECKE u. J.A. HOEFER (1961):
Swine hematology from birth to maturity. II. Erythrozyte population, size and hemoglobin concentration
J. Anim. Sci. 20, 890 - 897

MOON, H.W., D.K. SORENSEN u. J.H. SAUTTER (1968):
Experimental enteric colibacillosis in piglets
Can. J. Comp. Med. 32, 493 - 497

MOON. H.W., N.O. NIELSEN, T.T. KRAMER (1970):
Experimental enteric colibacillosis of the newborn pig: Histopathology of the small intestine and changes in plasma electrolytes
Am. J. Vet. Res. 31, 103 - 112

MOORE, W.E. (1980):
Laboratory examinations
in: ANDERSON, N.V. (Hrsg.)
Veterinary Gastroenterology
Lea & Febiger, 1980, Philadelphia, S. 44 - 58

MOYE, R.J., K.W. WASHBURN u. T.M. HUSTON (1969):
Effects of environmental temperature on erythrocyte numbers and size
Poult. Sci. 48, 1683 - 1686

MÜLLER-PRASUHN, W. (1971):
Über die Verwendbarkeit des elektronischen Zählgerätes Coulter-Counter "Modell D" bei der Zählung von Erythrozyten und Leukozyten des Schweines
Dtsch. tierärztl. Wschr. 78, 546 - 548

NEUNDORF, R. und H. SEIDEL (1977)
Schweinekrankheiten
Gustav Fischer Verlag, Jena (1977)

NIEPAGE, H. (1974):
Über die Brauchbarkeit des mittleren Volumens (MCV), des mittleren Hämoglobingehaltes (MCH) und der mittleren Hämoglobinkonzentration (MCHC) der roten Blutkörperchen zur Kennzeichnung von Erythrozyten beim Hund
Zbl. Vet. Med. A 21, 173 - 187

OSBORNE, J.C. u. J.H. MEREDITH (1971):
Hematological values of the normal weanling piglet
Cornell Vet. 61, 13 - 23

PHILLIPS, S.F. (1972):
Diarrhea: A current view of the pathophysiology.
Gastroenterol. 63, 495 - 517

PIETSCH, O. (1960):
Das Blutbild künstlich aufgezogener Ferkel in den ersten Lebenswochen
Vet. Med. Diss., Berlin, FU

POWNALL, R. (1970):
Fluid and electrolyte metabolism of neonatal pigs
I. Variation with age in blood and plasma composition
Brit. Vet. J. 126, 465 ff

REICHEL, K. (1963):
Die Leukozytenzahlen beim Schwein
Dtsch. tierärztl. Wschr. 15/16, 440 - 444

RIECHERT, D. (1963):
Über den Blutchlorspiegel des Schweines bei hohen Außentemperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit.

Vet. Med. Diss., Berlin, Humboldt-Univ

ROTTMANN, D. (1969):
Tagesrhythmische Schwankungen hämatologischer Werte beim Schwein

Vet. Med. Diss., Hannover

ROY, J.H.B., K.W.G. SHILLAM, G.M. HAWKINS, J.M. LANG, P.L. INGRAM (1959):
The effect of white scours on the sodium and potassium concentration in the serum of newborn calves

Brit. J. Nutr. 13, 219 - 226

SAURBIER, E. (1954):
Der Gehalt an Hämoglobin, Leukozyten und Erythrozyten, sowie die Zusammensetzung des weißen Blutbildes bei einseitig ernährten Schweinen

Vet. Med. Diss., Hannover

SCHALM, O.W. (1965):
Veterinary Hematology
Lea & Febiger, Philadelphia 1965

SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN (1965)
Lehrbuch der Veterinär-Physiologie
Paul Parey, Berlin 1965

SCHMIDT, U. und H. NIENHOFF (1982):
Kryptosporidiose beim Schwein

Dtsch. tierärztl. Wschr. 89, 437 - 439

SCHORK, W. (1982):
Hämatologisch-metabolische Blutuntersuchungen beim Durchfall des Schweines

Vet. Med. Diss., München

SCHORN, B. (1982):
Physikalisch-chemische Untersuchungen von Schweinekot bei spontaner und provozierter Diarrhoe

Vet. Med. Diss., München

SCHRÖTER, J. (1962):
Untersuchungen über den Natrium-, Kalium- und Calcium-Gehalt im Schweineblut unter besonderer Berücksichtigung der Altersabhängigkeit und der Tagesschwankungen

Vet. Med. Diss., Leipzig

SCHRÖTER, J., H. SEIDEL, I. MÜLLER, E. KOLB (1963):
Untersuchungen an Schweinen. X. Mitteilung: Der Natrium-, Kalium- und Calciumgehalt des Schweineblutes unter besonderer Berücksichtigung der Altersabhängigkeit und der Tagesschwankungen.
Arch. Exp. Vet. Med. 17, 827 - 857

SCHUH, M. (1981):
Klinische Auswirkungen der in Österreich vorkommenden Mykotoxine
Wien. tierärztl. Mschr. 68, 308 - 312

SEIDEL, H. (1963):
Untersuchungen an Schweinen. XV. Mitteilung: Der Natriumchlorid- und Chloridgehalt des Schweineserums.
Arch. Exp. Vet. Med. 18, 668 - 675

SOLOZANO, R.F., M.MORIN u. L.G. MOREHOUSE (1978):
Laboratory Diagnosis of Transmissible Gastroenteritis of swine
Can. J. Comp. Med. 42, 384 - 391

STEINHARDT, M., D. BORCHARDT u. L. LYHS (1971):
Untersuchungen zur Hyperthermie beim Schwein in verschiedenen Entwicklungsstadien. I. Veränderungen einiger Faktoren des Blutkreislaufsystems.
Arch. Exp. Vet. Med. 25, 223 - 240

STEINHARDT, M. u. L. Lyhs (1972):
Einfluß tiefer Umgebungstemperaturen auf einige Kreislauffaktoren beim Hausschwein
Arch. Exp. Vet. Med. 26, 517 - 531

STEINHARDT, M., U. BÜNGER, G. RIEHM, H. GÖHLER u.L.LYHS (1974):
Zum Verhalten der Milchsäurekonzentration im Blutplasma bei motorischer Belastung des Hausschweines
Arch. Exp. Vet. Med. 28, 611 - 619

STUMPE, K.O. u. F. KRÜCK (1974):
Das hyperosmolare Koma
Med. Klin. 69, 2051 - 2062

TALBOT, R.B. u. M.J. SWENSON (1963):
Normochromic, microcytic anemia of baby pigs
Am. J. Vet. Res. 24, 39 - 41

TENNANT, B., D. HARROLD, M. REINA-GUERRA (1972):
Physiological and metabolic factors in the pathogenesis of neonatal enteric infections in calves
J. Am. Vet. Med. Ass. 161, 993 - 1007

TENK, I. und SZABO J. (1979):
Zit. nach EHLERT, D., H. JUNG und F. KRULIGK (1983).

THRAN, V. (1973):
Blutuntersuchungen an Primarferkeln von der Geburt bis zum Alter von sechs Wochen
Vet. Med. Diss., Gießen

TUMBLESON, M.E. u. P.R. KALISH (1972):
Serum biochemical and hematological parameters in crossbred swine from birth through eight weeks of age
Can. J. Comp. Med. 36, 202 - 209

ULLREY, D.E., E.R. MILLER, B.E. BRENT, B.L. BRADLEY u. J.A. HOEFER (1967):
Swine hematology from birth to maturity. IV. Serum calcium, magnesium, sodium, potassium, copper, zinc and inorganic phosphorus
J. Anim. Sci. 26, 1024 - 1029

ULLRICH, K.J. (1975):
Niere
in: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie
4. Aufl. Hrsg.: W.D. KEIDEL
Georg Thieme Verlag, Stuttgart

WACHTEL, W. (1963):
Untersuchungen über Herzminutenvolumen, arteriovenöse Sauerstoffdifferenz, Hämoglobingehalt und Erythrozytenzahlen bei Haus- und Wildschweinen
Arch. Exp. Vet. Med. 17, 787 - 798

WATT, J.C. (1965):
The use of fluid replacement in the treatment of neonatal diseases in calves
Vet. Rec. 77, 1474 - 1482

WEGE, V. (1967):
Die Ergebnisse chemischer Blutserum- und -plasmauntersuchungen bei klinisch gesunden Schweinen
Vet. Med. Diss., Hannover

WEIDE, K.D. u. M.J. ZWIEHAUS (1959):
Hematological studies of normal, ascarid-infected and hog cholera vaccinated swine
Am. J. Vet. Res. 20, 562 - 567

WEIJERS, H.A. und J.H. VAN DE KAMER (1965):
Alteration of intestinal bacterial flora as a cause of diarrhoea
Nutrition Abstracts & Reviews 35, 591 - 604

WELS, A. (1967):
Die altersabhängige Dynamik erythrozytometrischer Merkmale

Habil.- Schrift, Gießen

WIDDOWSON, E.M. u. R.A. MC CANCE (1956):
The effect of development on the composition of the serum and extracellular fluids

Clin. Sci. London 15, 361 - 365

WIRTH, D. (1950):
Grundlagen einer klinischen Hämatologie der Haustiere

2. Aufl. Verlag Urban u. Schwarzenberg, Wien - Innsbruck

WIRTZ, A. und K. BICKHARDT (1977):
Zum Ruhelactatstoffwechsel bei nüchternen und gefütterten Schweinen

Zeitschr. f. Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkunde 39, 146 - 156

YOUSSEF, R.R. (1980):
Untersuchungen zum Säure-Basen- und Elektrolythaushalt bei gesunden und an Durchfall erkrankten neugeborenen Kälbern

Vet. Med. Diss., München

ZIMMERER, K. (1984):
Untersuchungen zum Einfluß von Haltungs- und Fütterungsbedingungen auf die Kotbeschaffenheit abgesetzter Ferkel

Vet. Med. Diss., München (im Druck)

ZUCKER, H. (1954):
Untersuchungen über den Calcium - Phosphorstoffwechsel und das Knochenwachstum von Mastschweinen

Landwirtschaftl. Diss., München T.H.

Herrn Prof. Dr. W. Bollwahn danke ich vielmals für die Überlassung des Themas, die Bereitstellung des Arbeitsplatzes sowie für die großzügige Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr. Osterkorn möchte ich mich für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung bedanken.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. K. Heinritzi für seine jederzeit gewährte Unterstützung und Beratung sowie für die Durchführung der Katheterimplantationen.

Das Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim der Universität München lieferte die Versuchstiere und stellte freundlicherweise das Futter für die Versuche zur Verfügung.

Lebenslauf

Am 6. März 1953 wurde ich als Sohn des Landwirts Johannes Birkert und seiner Ehefrau Martha, geb. Thum in Nördlingen geboren.

Kindheit und Jugend verbrachte ich in Appetshofen, wo ich von 1959 bis 1967 die Volksschule besuchte.

Von 1968 bis 1971 absolvierte ich die landwirtschaftliche Berufsschule in Möttingen und eine landwirtschaftliche Lehre im elterlichen Betrieb.

Nebenbei besuchte ich die Berufsaufbauschule in Nördlingen. Im Frühjahr 1972 bestand ich die Prüfung der Mittleren Reife an der Berufsaufbauschule Augsburg-Neusäß.

Im März 1974 legte ich am Bayernkolleg in Augsburg das Abitur ab.

Nach Ableistung des Wehrdienstes immatrikulierte ich mich zum Wintersemester 1977/1978 für das Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, welches ich im November 1982 mit dem Staatsexamen abschloß.

Die Approbation als Tierarzt erhielt ich am 12. Jan. 1983.

Seit Dez. 1982 bin ich in der II. Medizinischen Tierklinik (Innere Krankheiten der Klauentiere) mit der Anfertigung dieser Dissertation beschäftigt.